Physikai jegyzet.

Méltóságos
Dr. Br. Eötvös Loránd tanár úr
egyetemi előadásai után

Bevezetés.

A természettan feladata a tünemények megismerése, leirása és megnevezése; czélja a természeti törvények megismerése. Különösen azon jelenségekkel foglalkozik a phisika; melyek mozgás, hő, fény, elektromosság, delejesség neve alatt fordulnak elő.

Ha a természeti jelenségeket megismerni akarjuk, először is vizsgálnunk kell az egyes tüneményeket, azután pedig a tapasztalat közben felismert közös vonásokból állapitjuk meg az ezen jelenségekre vonatkozó törvényt, mely, miután tapasztalata utan lett meghatározva, tapasztalati törvénynek neveztetik.—

A tapasztalati törvénytől azt kivanjuk meg, hogy igaz legyen, azaz egy jelenség se mondjon ellent neki.—

Gyakran előfordul az az eset, hogy az egyes tüneményekre vonatkozó tapasztalati törvényt közvetlenül nem vagyunk képesek meghatározni; ilyen esetekben bizonyos feltevésből kell kiindulnunk, melynek következménye gyanánt tüntetjük fel a tapasztalati törvényt.—

Huygens foglalkozott először behatóbban a fény mibenlétével, de ő hullámoknak tekintette, s csak annyit állapitott meg, hogy egyenes irányban terjed, törik és visszaverődik. Utána Newton tette vizsgálata tárgyává a fényt; ő mondotta azt, hogy a fény rezgéseiben áll; ugyancsak ő értelmezte a színes gyűrűket s a polarisatiót is. A mint látjuk, egy és ugyanazon jelenségre két hypothesis lett felállítva, a régibb emanatio és az ujabb undulatio. Annak kimutatására, hogy a rezgési elmélet jobb, mint az emanatio törvénye, a fény terjedési sebessége lett felhasználva. Az undulatio törvénye szerint a fény terjedési sebessége kisebb vízben, mint a levegőben; az emanatio elmélete épen az ellenkezőt állította s azért ez utóbbi megszűnt létezni.

Általában azt mondhatjuk, hogy az a hypothezis jobb, a mely kisebb számú feltevésből több tapasztalati törvényt képes megközelíteni. Épen azért rossz az emanatio elmélete, mert a következménye gyanánt kijött eredmény ellenkezik a tapasztalati törvénnyel.

A mozgás jelenségei.

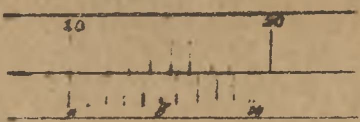
A fent említett tüneményekből a mozgás az, melylyel leggyakrabban találkozunk a természetben azért első sorban ennek sajátságait teszszük tanulmányozásunk tárgyává. A mozgás nem egyéb mint időben végbemenő helyváltozás. Ha a különböző testek mozgásait vizsgálni akarjuk, akkor el kell tekintenünk a testek anyagi minőségétől, vagyis pontoknak nézzük mint a melyeknek méretei elenyésző kicsinyek. Mint minden tüneménynél, ugy a mozgásnál is 3 feladatunk van, megismerni, leírni és okaira visszavezetni a jelenséget. — Hogy a mozgási tüneményeket megismerhessük, a test helyváltozásait kell tudnunk lemérni; továbbá meg kell tudnunk határozni azon idő tartamot, a mely alatt a helyváltozás végbement. Két adattal kell tehát tisztában lennünk; a hosszusággal és az idővel.

A hosszuság lemérését ugy eszközöljük, hogy a mértékegységet annyiszor helyezzük a lemérendő tárgyra, a hányszor benne foglaltatik. A mérés eredménye tehát egy viszonyszám, mely azt mutatja, hogy a mértékegység hányad része a lemérendő tárgynak.—

Mértékegységek.

Hosmérési egységül a közéletben a méter van általánosan elfogadva, a mely nem egyéb, mint a délkör északi negyedének 10 milliomod része. A phisikusok azonban nem a métert, hanem ennek század részét a centimétert fogadták el hoszegységül és rendesen C.-vel szokták jelölni. Ha valamely hosszuság lemérésénél több különböző értéket kapunk, legjobb a közép értéket venni, melyet ugy kapunk meg, hogy az összes méreteket összeadjuk s elosztjuk a mérésszámok összegével, de meg kell jelölni a pontosság azon fokát, melyről a mérés eszközöltetett.

Sok segédeszköz áll a phisikus rendelkezésére, melyek által pontos mérések eszközölhetők, ilyenek: Nonius vagy Vernier, melyet állitólag 1630.ban Nonius tanár talált ki és Vernier jobban elterjesztett.— Szerkezete a következő: A nagy mérő osztályzat mellett egy eltolható kis osztályzat van helyezve, ez a tulajdonképeni nonius.

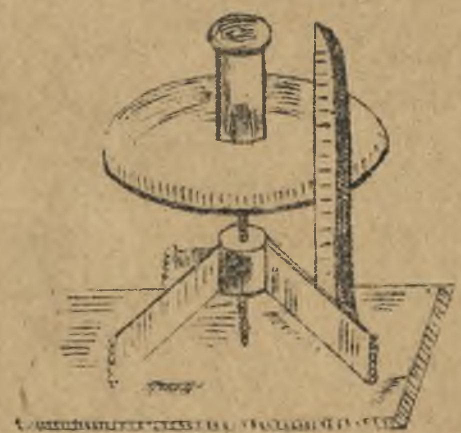


Ez ugy van készitve, hogy pl. 9 része a nagy mérő osztályzatnak a nonius 10 osztályzatával egyenlő, s igy a nonius egy osztályzata 1/10-vel kisebb mint a nagynál egy osztályzata. Ha például A B pálcza hosszát akarom lemérni, akkor A végét a nagy osztályzatnak 0 vonásához teszem, ugy hogy ezzel egybe esik. Azután a pálcza B végéhez odatolom a noniust, hogy ennek 0 osztályzata a pálcza B végével összeessék, ekkor kell, hogy a nonius valamelyik osztályzata a nagy osztályzattal összeessék (: az ábrában 4 vonás a 28-assal :)

Ha innen visszaszámolunk, ugy a nonius 3-ik vonása 1/10-el van a 27 vonás előtt, a második vonás a 26-os előtt 2/10-el, az első vonás a 25. előtt 3/10-vel és 0 vonása 24-nél 4/10-vel van előtte; vagyis a pálcza hossza 24.4 – A noniust ugy is beoszthatjuk, hogy 100 osztályzata a nonius 99 részével egyenlő, és akkor 1/100 m/m pontossággal mérhetünk. A noniusok nem csak egyenes hosszak, hanem körivek mérésére is alkalmazhatók.

Kis hosszak mérésére egy másik eszköz a csavar, melynek alkalmazása a noniussal egy időbe esik. A csavarral való mérés azon tényen alapszik, hogy

ha a csavar egyszer kö-
rül forog, a csavar vég-
pontja egy csavarme-
net magasságával megy
előre. Ha ezzel valamely
test vastagságát meg
akarjuk mérni, akkor
a testet könnyedén a
csavarba szorítjuk, az
után kivesszük, és most addig forgatjuk a
csavart, míg annak csúcsa a csavar alapját
érinti. A csavarás száma adja a test vastag
ságát.- Ha pontosan akarunk mérni ezt
sphärometerrel eszközöljük. Ez egy három
lábu asztal, hol a negyedik láb helyén egy
csavar van. Hogyha a csavar megfordul,



akkor az asztallap
is megfordul.- Ezen
eszközzel egy ezred
mm pontossággal
mérhetünk. A no-
nius nemcsak e-
gyenes hosszak
hanem ívek
(: szögek.) mérésére
is alkalmazható,
és ekkor theodolit a neve. Ez két rész-
ből áll: egy osztályzott körből /limbus és
egy mozgatható rádiusból /alhidade/ me-
lyen nónius és távcső fonál kereszttel

van alkalmazva. Ezen eszközt különösen csillagászati méréseknél alkalmazzák, mert phisikai méréseknél geometriai eszközt használnak. A cathetometer verticalis elmozdulások memérésére szolgál. Áll egy oszlopból melynek hosszában egy szerkezet (szán) eltolható és tetszés szerinti magasságban megerősíthető. Az oszlopon osztályzat van, a szánon nonius és távcső van alkalmazva. Ha két pont egymástól való távolát akarom mérni, akkor a távcsövet mindkét pontra egymás után beállítom. és a kettő közötti különbség adja a kereszt távolságot.

Felület méréseknél azon rationális összefüggést használjuk fel, mely a hosszuság és szélesség közt van. Valamely felületnek hossza = h; szélessége = s; egy más felület hoszsza = h_1; szélessége = s_1; akkor $\frac{f}{f_1} = \frac{hs}{h_1s_1}$. Ebből $f = \frac{f_1}{h_1s_1} hs$. Ha most fölveszük, hogy az $f_1 = 1$; $h_1 = 1$ és $s_1 = 1$; akkor $f = hs$; vagyis a felület egyenlő, a hosszuság szorozva a szélességgel. Terület egység gyanánt a négy:et cm szolgál és a phisicában általánosan C^2-vel jelöltetik.

A gömb felületénél a h hosszuság helyébe a π lép; háromszögeknél pedig a magasság felével kel a hosszuságot megszorozni, mert a háromszöget ugy tekintjük, mint egy ugyanazon alappal s magassággal biró egyenközénynek felét.

A testek térfogatánál három adat szerepel t.i. a hossuság, magasság és szélesség, melyeknek szorzata adja a kérdéses test köbtartalmát, vagyis $v = m.h.s$ –

Térfogat egységül oly tégla alaku test szolgál, melynek minden oldala a hosszegységgel egyenlő és ez a köb cm, mely a phisikában C^3 al jelöltetik. A közéletben nem ezt, hanem a köb dm-t = 1 liter, használják térfogat egységül, azért többnyire a phisikusok is ezt alkalmazzák.

Az idő.

A mozgás megismerésére szolgáló második adat az idő. Az időmérésnél voltaképen ugyanazt az eljárást követjük, mint az említett hosszuság és terület mérésnél, a mennyiben azt keressük, hogy bizonyos időtartamban hányszor foglaltatik az i dó egység. A kivitel azonban már némi nehézséggel jár, mert az időre vonatkozólag nincsen kézzelfogható egységünk. Az időegység meghatározása céljából egy elvből kell kiindulnunk, mely minden physikai észlelés alapelve, t.i. hogy ugyanazon okok ugyanazon jelenségeket hozzák létre. Valahányszor tehát tapasztaljuk, hogy ugyanazon jelenségek ismétlődnek, kell, hogy ugyanazon nagyságú idő alatt menjenek végbe. Ezen törvényen alapszik a régebben használt homokóra, mely két gömbidomú edényből áll, melyek csekély nyiláson át közlekednek. A nyiláson át a homok mindig ugyanazon idő alatt folyik le egyik edényből a másikba, azonban ezzel igen fáradságos az időmérés, mert bizonyos idő leteltével meg kell forgatni. Sokkal alkalmasabb az inga, mert ennek lengései mindig ugyanazon időben mennek végbe. Tehát az időtartamot, mely alatt egy bizonyos hosszuságú inga egy lengést végez, lehetne időegység gyanánt venni. Az ingával való mérésnél tehát azt kell tudnunk, hogy az egységnek vett idő hányszor ismétlődött, illetőleg hány lengést végzett az inga. Minthogy azonban az inga lengését megszámlálni célszerűtlen, s bajos dolog, ennélfogva egy számoló szerkezettel ellátott készüléket találtak fel, az órát, mely azonban nem 10-es, hanem 60-as rendszer szerint van beosztva. Az inga lengésénél még pontosabb időmérő a hangvilla, mely a látáson kívül még halló szervünkre is hatással van. Ennek segélyével igen finom szerkezetű órákat lehet összeállítani, melyeknél a regulátort egy fémrugó képezi s ez 1000 rezgést végez másodpercenkint. Az ilyen óraművek segélyével nagyszámban el sem képzelhető kis időtartamot is lehet mérni, így például a másodpercnek 60/1000-ed részét.

Azonban ha el is fogadjuk az előbb említett elvet, hogy t.i. ugyanazon jelenségek egyforma idő alatt ismétlődnek, még akkor is kérdéses, vajon az időtartamok, amely alatt valamely inga lengéseit végzi, egyformák-e, mert az inga lengése közben bizonyos mennyiségű levegőt hoz mozgásba, melynek tömege, valamint a [illegible] is mega befolyásolják a lengés időtartamát, ehez jár még a kerék-szerkezet surlódása is.

Ezen okoknál fogva oly jelenséget kellett keresni, mely minaz ugyanazon idő alatt megy végbe és gátló körülményektől nem befolyásoltatik. Ezen jelenséget feltaláljuk a földnek tengelye körüli forgásában, mely 24° óra és 58" alatt ismétlődik.

A közéletben használt időegység merítve van a napnak azon látszólagos mozgásából, melyet látszólagos pályáján végez. Azt az időt, mely a nap két delelése közt eltelik, a nap napjának nevezik; ez nem egyenlő azon időtartammal, a mely alatt a föld saját tengelye körül megfordul, mert a föld elyptikus pályán halad, azért a közéletben nem a csillagászati észleletet, hanem a gyakorlati napot használják, melynek 24ed része az óra.

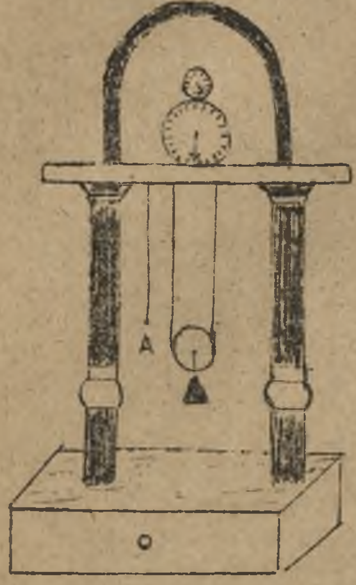
A physikában időegység gyanánt azon időtartam lett elfogadva, a mely mellett egy m. hosszúságú inga $\frac{1}{3640}$ ed lengést végez s ez a másodperc, a mely általában S-el jelöltetik.

A másodperc azonban, mint időegység, még aránylag nagy idő bizonyos tüneményekre vonatkoztatva. Ha valamely testet elmozdítunk a helyéből, hajlandók volnánk hinni, hogy ugyanazon pillanatban, mikor az egyik végét elhúztuk, a másik vég is mozog; már pedig az nem áll, mert arra bizonyos idő kívántatik, hogy a húzó erő hatása a másik végre is kiterjedjen.

Ha egy golyót felfüggesztünk egy vékony fonálra, s az alsó részére kötünk egy darab ilyen fonalat, akkor lassú húzásnál az alsó fonál nem szakad el, mert kisebb erő húzza mint a felsőt; ha ellenben hirtelen rántjuk meg, akkor az alsó fonál fog elszakadni, mert nem volt elegendő idő arra, hogy a felső részre hatását gyakorolja a húzó erő.

Ha finom rézhuzalra egy botot függesztünk s lassan húzzuk, akkor a sodrony fog elszakadni, hirtelen a botra ütve, az eltörik a nélkül, hogy a sodrony elszakadt volna.

Oly jelenségek lemérésére, melyek igen kis idő alatt folynak le, a közönséges óra nem alkalmas, minthogy ennél a másodperc az egység; ezeknél oly óra szerkezetet alkalmaznak, melyeknek ingói másodperczenként 20-30 000 rezgést végeznek, amiről már hallás által nyerünk tudomást s a hang magasságából következtetünk a rezgések számára. Ily időmérő a Hipp féle chronoskop, melynek szerkezete azon alapszik, hogy egy fém ingó roppant gyorsasággal mozog, mely az óra minél regulatorgyamant szerepel. Ha tehát a lecsüngő (A) zsinór segítségével az áramot működésbe hozzuk és egy rugóval ellátott vasdarabot, mely e elektromagnes között mozog az áramot megszakítjuk vagy megindítjuk, az egyébként fogott óramutató szabaddá lesz és mutatja vmely jelenség kezdetét. Ha most vmely jelenség időtartamát tudni akarjuk, akkor a mutatót megállítjuk és leolvassuk azon időt, mely a mutató mozgásakor eltellett. E szerkezet mp.-ként 1000 rezgést végez.



A mozgás jelenségeinek vizsgálata

A szabadesés

A mindennapi élet jelenségei között egyike a leggyakoribb tüneményeknek az esés, mely akkor áll elő, ha vmely felfüggesztett vagy megtámasztott test felfüggesztési vagy megtámasztási pontjától elválik.

Minden olyan mozgás tehát, melyet a szabadon magára hagyott test végez, esésnek nevezzük.

Közvetlen feladatunk itt is az esésre vonatkozó közös vonásokból a tapasztalati törvényt megállapítani. E végből több különböző testnek az esését figyeljük tapasztalni, hogy a testek megközelítőleg ugyanazon irányban esnek és ez irány függőleges.

Ezen kihozott tapasztalati törvényeinknek egyes jelenségek ellent mondani látszanak; így például ha rezet és papirt ejtünk le egyenlő magasságból, akkor a két tünemény különbözni fog egymástól, s azért, ha a különböző anyagokra vonatkozó általános érvényü törvényt akarunk megállapitani, akkor a mellékes viszonyokat sem szabad figyelmen kivül hagyni. Az emlitett esetben például tekintenünk kell arra, hogy minő lég mennyiséget tolt el a réz esése közben s minőt a papir. –

Ezekből látható hogy az esés összetett, komplikált jelenség, melynek magaviseletére vonatkozólag csak akkor nyerünk biztosabb adatokat, ha légüres térben visszük végher a kisérletezést.

Miután az esés irányát meghatároztuk, közvetlen feladatunk az esés és idő közötti viszonyt megállapitani. Már a legrégibb időben tétettek e téren kisérletek, de minden nevezetesebb eredmény nélkül; maga Galilei sem tudta az esés idejét pontosan kiszámitani. – Hogy az esés és idő közti viszonyt pontosan kimutathassuk, erre a graphikai módot fogjuk alkalmazni. –

A kisérletezést olyképen vihetjük végher, hogy a táblán egy vizszintes vonalat huzunk, ugyanakkor azonban a táblát függélyes irány lefelé mozgatjuk, ezen esetben a vonal gyanánt nem egyenes, hanem görbe pályát nyerünk. Az emlitett graphikai.

mód azonban nem alkalmazható föltétlenül; több oly jelenség fordul ott elő az esés alkalmával, melyet nem szabad figyelmen kivül hagynunk, ilyen például azon surlodás, mely a kréta s a tábla mozgatása alkalmával létesül.

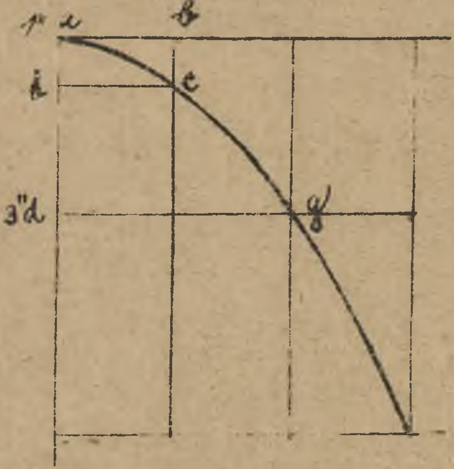
Hogy ezen gátlólag fellépő jelenségeket megszüntethessük, erre a czélra a Morin gépét használjuk melynél lényegileg ugyan olyan módon eszközöljük a kisérletet, mint a táblán, de a kivitel biztosabb kenyelmesebb. A gép egy papirral bevont fémhengerből áll, mely tetején szélkerékkel van ellátva, mely lehetőleg egyenletes mozgást iparkodik létesiteni.

A henger mentében egy sulyos testet bocsátunk le mely a papirkorongon irón segélyével egy vonalat fog húzni. Ha a korong nyugalomban van, akkor a leirt vonal függélyes lesz; ha azonban egyenletes mozgásba hozzuk, akkor egy parabolát kapunk a papiron. Az ily módon nyert ábrákból azután leolvashatjuk az esésre vonatkozó szabályokat. –

Már az eddigiekből kitetszik, hogy az esésnél kétféle mozgás létesül: a vizszintes el–

mozdulás és a függélyes esés.

Az egyes másodperczekben végbemenő eséseket ezen ábrán észlelhetjük. Az első időegységben a vízszintes elmozdulás é, = ab, ugyanakkor az esés ab; e kettős mozgásnak hatása alatt az eső test ac ivet fogja megtenni. A második másodperczben dg-t tenné meg a test vízszintes irányban, hát a függélyes mentében, az eredmény ismét görbe vonal lesz: az cg ív.



idő	esés
1 m.p.	é, = 1.1 é,
2 " "	4é, = 2.2 é,
3 " "	9é, = 3.3 é,
4 " "	16 é, = 4.4 é,
5 " "	25 é, = 5.5 é,

Ha az idő egység alatt végbemenő esést é-el jelöljük, akkor képletileg fölírhatjuk az esés nagyságát az egyes másodperczekben.

Az első másodperczben tehát az esés nagysága = az idő egység alatti esés szorozva eggyel a másodpercz számával.

A második másodperczben mi az esés nagysága? 2 a másodperczek száma; 2é, az idő egységben történő esésnek a kétszerese, e kettőnek szorzata 4é, így a 2'' az esés 4é,-el egyenlő. Ezekből egy tetszés szerinti t idő're is meghatározhatjuk az esést. Nevezzük a $\underline{t}$ időben végbe menő esést $\underline{e}$-vel, akkor az egyenlő lesz $é, t \times t$, — vagyis $\underline{é, t^2}$. $\underline{e = é, t^2}$ képlet tehát azt fejezi ki, hogy valamely $\underline{t}$ idő alatti esés = az idő egység alatt végbemenő esés szorzandó a másodperczek négyzetével. —

A kapott $é, t^2$ eredmény még nem határozott, mert az é-nek nagyságát nem ismerjük. Erre nézve kell tudnunk, hogy a henger mennyi idő alatt végezte a mozgást, ezért a hengerre egy számoló szerkezetet teszünk és így e értékét meghatározhatjuk. Ez az eljárás azonban nem vezetne pontos eredményre, mert tulajdonképen ez a mozgás nem felel meg a valódi mozgásnak, mert az esés nem történik teljesen szabadon. Tehát ezen kisérlet felvilágosit a szabad esés természetéről, de az e, abszolut értékéről nem.

Az e, értékének meghatározására szolgál egy inga. (Eötvös féle) Ezen szerkezet egy ingából áll, a melynek lengését előre meg lehet határozni. A felső végén egy nyilás van, ebben van egy golyó alsó végén egy kosár. Ha az inga úgy van beállitva 1/2 mp, és az ingát elereszten, akkor inga A-ból B-be jut, a golyó is a kosárban lesz. —

Mivel az inga 1/2 mp. lengést végzett, a golyó pedig 1/4 mp. alatt esett le. Ha az inga hosszát ismerjük, helyettesitetvén az értékeket e_1-t megkapjuk, az inga hossza 122·5 cm.

$$e = e_1 t^2 \text{ ebből}$$

$$e_1 = \frac{e}{t^2} = \frac{122{\cdot}5}{\frac{1}{4}} = 490 \text{ cm}.$$

Ha e_1 értékét ismerem, akkor a szabadesés is meg van határozva mert

$e = 490t^2$ ez a tapasztalati törvény pedig már meghatározza, hogy hol van a szabadon eső test bármely pillanatban.

Az esésen kivül még sok más mozgási jelenség fordul elő a természetben melyekkel a tárgyalások folyamán részletesen kell foglalkoznunk.

Ilyenek például az egyenletes egyenes mozgás a hajlitott testek mozgása; az inga és a körmozgás stb.

Az egyenletes egyenes mozgás.

Az összes mozgási jelenségek tárgyalásánál egy általános elvet fogunk követni, t.i. leirjuk azokat elmozdulásuk, sebességük s gyorsulásuk által. –

Mielőtt azonban az egyes mozgási fajokra vonatkozó törvényeket meghatároznók, feladatunk ema hármas kifejezést kellőképen értelmezni.

Mit értünk elmozdulás alatt? Ha valamely test a térben helyzetét változtatja, mozgást végez, mozgása közben ujabb és ujabb helyzeteket foglal el.

redmény megváltozni: $\frac{g}{2}(\frac{t^2}{n^2}-t^2)$; $\frac{g}{2}(t^2+\frac{t^2}{n})$. Az n értékét tetszés szerint állapithatjuk meg, ha végtelen nagynak veszük, akkor $\frac{t^2}{n}$ érték oly kicsi lesz, hogy bátran elhagyhatjuk s azon esetben $e = \frac{g}{2}t^2$; $\frac{g}{2}$ pedig egyenlő e, s igy $e = e_1 t^2$. Megállapitottuk a gyorsulás utján az elmozdulást, ha ezt tudjuk, akkor ismerjük a sebességet is az t.i. $2e_1 t$.—

A hajitott testek mozgása.

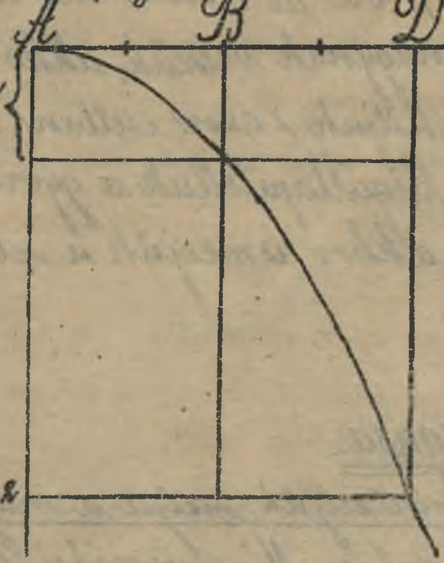
A hajitott testek mozgása alatt azt a mozgást értjük, melyet a magára hagyott test végez, ha előzőleg el lett dobva. Mi e mozgási fajt csak azon pillanattól kezdjük ismertetni, midőn a test már magára hagyatott. A hajitásnak két faját ismerjük: az egyenes és ferde hajitást; az első ismét lehet fölfelé és lefelé hajitás.—

A hajitott testeknél már komplicáltabb a mozgás utja és iránya, mint az eddig tárgyalt mozgási fajoknál, mert itt már a mozgás kezdő pontján is van bizonyos sebessége, de meg azért is, mert a hajitás mint ilyen, összetett jelenség.—

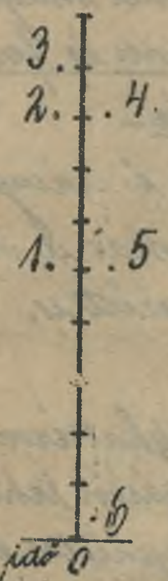
A hajitott testek mozgását azonban igen könnyen meghatározhatjuk, ha a mozgást összetevőkre bontjuk föl. Két mozgásból tehetők össze, melyből az egyik a kezdet sebességgel mozgó egyenletes egyenes mozgás, a függélyes összetevő pedig az esés.—

Ha adva van az időegység alatti esésnek a nagysága, akkor a hajitott testek mozgását rajz által is szemlélhetővé tehetjük; egyszersmint meghatározhatjuk ép úgy, mint a többi mozgási fajoknál az elmozdulás, sebesség és a gyorsulás irányát is.—

Legyen az időegység alatti esés nagysága a akkor míg a test az egyenletes mozgás következtében A-tól B-ig jutna az esés folytán AE-utat tenné meg. E két mozgásnak együttes működése alatt az elhajitott test görbe pályán fog haladni, mely egy parabolának felel meg.–



A fölfelé hajitásnál a mozgást csak úgy írjuk le, mint az előbbieket, t.i. felbontjuk egy vizszintes és egy függélyes összetevőre. Ha a fölfelé hajitott test 30 méter kezdő sebességel halad, akkor az első másodpercz végén megtett az eldobott test 30 mt. fölfelé; ugyanekkor azonban az esés következtében 5 métert lefelé s így az első másodpercz végén 25 méter magasságban lesz a fölhajitott test. A fölfelé hajitásnál tehát az első idő egység végén fölfelé megtesz $3g = \frac{6g}{2}$ utat, ($g = 10$ méter, pontosabban 9'8 m) ugyanekkor $\frac{g}{2} = 5$ métert esik a test és így $\frac{6g}{2} - \frac{g}{2} = \frac{5g}{2} = 25$ m. magasságban van az eldobott test az első másodpercz végén. A második időegységben 2.30 méterre halad fölfelé a test, 4.5=20 métert esik, a második másodpercz végén tehát 40 méter magasságban lesz. A 3-ik másodperczben fölfelé 3.30=90 méterre emelkedik, az esés folytán 9.5=45 métert sülyed s így a 3" végén csak 5 méterrel lesz magasabban, mint 2"-ban. A 4-ik másodpercz végén azt tapasztaljuk, hogy a földobott test nem emelkedik, de a 40 méterre esik alá s a 6 másodpercz végén ismét viszatér kiindulási helyére.–



A mondottakból kitünik, hogy míg a hajitásnál az esési utak kisebbek, mint az egyenletes mozgás által megtett utak, addig a test fölfelé halad; ha azonban az esési lesz nagyobb, akkor az eldobott test visszafelé fog esni. A fönt említett példából láthatjuk továbbá azt is, hogy a visszatérő mozgás egyes fázisai teljesen megfelelnek a fölfelé hajításnak, tehát a sebesség mindkét esetben ugyanaz, csak az irány ellenkező. –

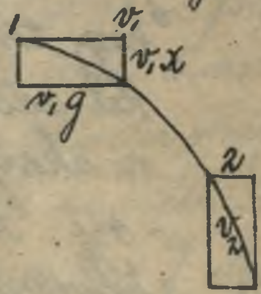
Számítsuk ki ezen mozgási fajra vonatkozólag a sebességet és az elmozdulást analytikus úton tekintsük a $\underline{x}$ tengelyt.

Minthogy a fölfelé hajításnál két sebesség van t. i. az egyenletes mozgás kezdő sebessége (c) és az esés okozta gyorsulás (g); minthogy továbbá mindkettő egy irányú, ennélfogva a két adatot össze kell adnunk, ha az $\underline{x}$ értékét ismerni akarjuk. Ez szerint $x = \frac{gt^2}{2} + ct$; $v = gt + c$; ebből $t = \frac{v-c}{g}$. A t-nek innen kapott értékét az $\underline{x}$ egyenletébe helyettesítve, lesz $x = \frac{g}{2}\left(\frac{v-c}{g}\right)^2 + c\left(\frac{v-c}{g}\right)$; a négyzetet kifejtve $x = \frac{g}{2}\frac{(v^2 - 2vc + c^2)}{g^2} + \frac{cv - c^2}{g}$ kellőképen rövidítve s mindkét tagot közös nevezőre hozva $\underline{x = \frac{v^2 - \cancel{2vc} + \cancel{c^2} + \cancel{2vc} - 2c^2}{2g}}$; ebből $x = \frac{v^2 - c^2}{2g}$ és a $2g$ – a szorzónak hozva át az x oldalára: $\underline{2gx = v^2 - c^2}$.

Ha ezek alapján az $\underline{1}$ és $\underline{2}$ közti utat veszszük tekintetbe, akkor $2gx_1 = v_1^2 - c^2$ és $2gx_2 = v_2^2 - c^2$ /: v_1 az x_1 helyzetnek v_2 pedig az x_2-nek megfelelő sebességét fejezi ki:/. Az utóbbi egyenletből az előbbit kivonva s a $2g$-t kiemelve következő egyenletet nyerünk: $2g(x_2 - x_1) = v_2^2 - v_1^2$. $(x_2 - x_1)$ az az elmozdulás, melyet az eső test megtett, míg 1-től 2-ig jutott s így $(x_2 - x_1)$ helyett $\underline{e}$ értéket téve,

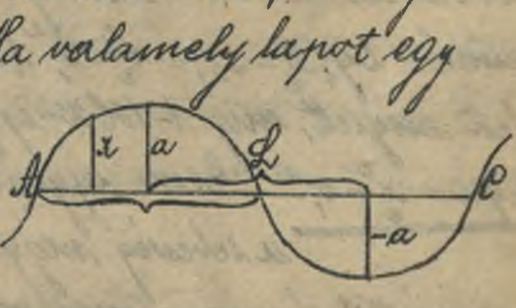
$\underline{2ge = v_2^2 - v_1^2}$ Ezen egyenlet azt fejezi ki, hogy a hajított testeknél a sebesség négyzetének a változása nem függ a kezdő sebességtől, hanem meg van határozva azon út által, melyet az eldobott test megtett, más szóval a sebesség négyzetének változása az út egy bizonyos szakaszában állandó, akármilyen volt is a hajított test kezdő sebessége. Például egy meteorkőnek, akár milyen magasságról esék is alá, az 1 és 2. pontok között ugyanaz lesz a sebesség négyzetének változása, mint ezen két pont között egy krétadarabnak, ha egy méter magasságból esik alá.–

Általánosítsuk ezen tételt a ferde hajításra. Tekintsük e végből valamely ferdén hajított testnek helyzetét az 1 és 2 pontok között. A fölfelé hajításnál megállapított tételek értelmében a jelen esetre vonatkozólag $v.y = c$ továbbá $v_1^2 = v_1x^2 + c^2$ és $v_2^2 = v_2x^2 + c^2$; az utóbbi egyenletből az előbbit kivonva: $v_2^2 - v_1^2 = v_2x^2 = 2ge$. Ezen megállapított értékek csak oly mozgásra nézve föltétlen érvényűek, melyeknél a gyorsulás állandó; azokra az esetekre, melyekre levezettük (: esés, ferde hajítás:) a levegőben végezve a kísérletet nem illenek absolut pontossággal.



Az inga mozgása.

Az inga mozgás alakjának és irányának megállapítása végett első sorban a grafikai módot fogjuk alkalmazni, leiratjuk tudniillik a mozgást egy inga által. Ha valamely lapot egy folyadékkal telt inga alá helyezünk, s az ingát mozgásba hozzuk, akkor azon esetben, ha a lap nyugodtan feküdt az inga alatt, a kiömlő folyadék egy



egyenes vonalat ír le; ha azonban az ingával egy idejüleg a papirlap is mozog, akkor egy olyan görbét kapunk, mint az ábrán látható. Ezt a görbét még hangvilla segélyével is elő-állithatjuk s pedig olyképen, hogy a hangvillát egyik ágán tűvel ellátva valamely kormozott üveghenger fölött rezgésbe hozzuk. A tű által leirt görbe vonal azonos lesz az itt látható görbével. Ezen inga mozgásánál ép úgy, mint a többi moz-gási fajoknál tettük az elmozdulást s ennek alapján a sebes-séget s gyorsulást meghatározni. Ezt megelőzőleg azonban elő-re kell bocsátanunk, hogy az ingánál lengési és rezgési i-dőről, továbbá fél és teljes rezgésekről szólunk. Lengési időnek azon időtartamot nevezzük mely alatt az inga kétszer egyen sulyi helyzetbe jön. A rezgés nagysága egyenlő idők alatt mindig egyenlő. Azoly mozgást, a mely mindig ugyanazon idő a-latt megy végbe, periodikus mozgásnak neveztetik.
Az inga által mozgása közben leirt görbe vonal azonos a sinus görbével s bizonyos matematikai követelményeknek felel meg. Ha az elmozdulást x-el a nagyobb kitérést a-val az AB távolságot l-vel, az AC-t pedig L-el jelöljük, akkor az x mint elmozdulást $= a \sin \frac{l}{L} \cdot 2\pi$.
Az $x = a \sin \frac{l}{L} 2\pi$ egyenlet azon viszony alapján volt fel-állitható, mely az elongatio [a kilengés nagysága] s a sebes-ség között létezik. Az A és C pontoknál ugyanis a sebesség 0, az elongatio pedig az egész rezgési közzel egyenlő; ellenben a B-nél a sebesség a legnagyobb értékét éri el s a kilengés = 0-al. Ebből láthatjuk, hogy az elongatio a sebességhez oly vi-szonyban áll, mint a sinus a cossinushoz, mert ha az

egyik a legnagyobb értékét éri el, akkor a másik a legkisebb; ennél fogva ezeket a sinus és cosinus függvények által fejezhetjük ki.—

Ha az $x = a \sin \frac{l}{L} \cdot 2\pi$ képletben a $l = \frac{L}{4}$; akkor $x = a \sin \frac{\frac{L}{4}}{L} \cdot 2\pi = a \sin \frac{1}{4} \cdot 2\pi = a \sin \frac{\pi}{2}$; vagyis $x = a$; ezen esetben tehát legnagyobb az elmozdulás.—

Ha $l = \frac{L}{2}$, akkor $x = a . \sin \frac{\frac{L}{2}}{L} \cdot 2\pi = a \sin \frac{1}{2} \cdot 2\pi = a \sin \pi = 0$; ezen esetben az elmozdulás nullával egyenlő. Ha $l = \frac{L}{3}$; akkor az $x = -a$, oly nagy, mint az első esetben, de ellenkező irányú. Az egyenletes mozgásnál mondottuk azt, hogy az út a sebesség s idő szorzatával egyenlő; ennek értelmében ha a l-re vonatkozó időt t-el a sebességet c-vel, az inga rezgési idő tartalmát pedig T-vel jelöljük, akkor $l = ct$; $L = cT$. E két egyenlet osztva egymással $\frac{l}{L} = \frac{ct}{cT}$. Amint látjuk $\frac{l}{L} = \frac{t}{T}$.— Ezt az értéket az eredeti egyenletbe helyettesítve $x = a \sin \frac{t}{T} \cdot 2\pi$. Az inga mozgásánál tehát az elmozdulás $x = a \sin \frac{t}{T} \cdot 2\pi$

A sebességet általában úgy szoktuk meghatározni, hogy az elmozdulás és az idő közötti viszonyt megállapítjuk egy minden képzelhetőnél kisebb időre vonatkoztatva.

Keressük tehát ennek értelmében az inga mozgás sebességét t-től $t+\tau$-ig.

$t+\tau$ időre vonatkozólag az elmozdulás $= a \sin \frac{t+\tau}{T} \cdot 2\pi$; t időtartam alatti mozgásnak az elmozdulása $= a \sin \frac{t}{T} \cdot 2\pi$. E kettőnek különbsége osztva a τ-időtartammal adja a τ időtartamra vonatkoztatott sebességet. A sebesség $v = \frac{a \sin \frac{t+\tau}{T} \cdot 2\pi - a \sin \frac{t}{T} \cdot 2\pi}{\tau}$ Ezen tört számlálójában az $a.\sin.\frac{t+\tau}{T}.2\pi$ nem egyéb, mint $\frac{t+\tau}{T}$ sinusnak az összege. Ha ezt kifejtettük s az $a.\sin.\frac{t}{T}\cdot 2\pi$ kivonjuk belőle, akkor a v értéke ily kifejezést nyer.

$$v=\frac{a\sin.\frac{t}{T}2\pi.\cos\frac{\tau}{T}2\pi+a\cos.\frac{t}{T}2\pi.\sin\frac{\tau}{T}2\pi-a\sin\frac{t}{T}.2\pi.}{\tau}$$

A számlálóban az plus $a\sin\frac{t}{T}2\pi$ és a minus $a.\sin.\frac{t}{T}.2\pi$, megsemmisitik egymást marad tehát, hogy a sebesség $v=\frac{a\cos\frac{t}{T}2\pi\sin\frac{\tau}{T}2\pi.}{\tau}$ Ha a τ minden képzelhetőnél kisebbnek vesszük, akkor a nevező elmarad, $\sin\tau=0$, lesz tehát $v.a\cos.\frac{t}{T}2\pi\frac{2\pi}{T'}=v=a\frac{2\pi}{T},2\pi=$ A gyorsulás meghatározásánál szintén úgy kell eljárnunk, mint a sebességnél tettük, t.i. a τ időtartamot igen kicsinynek vesszük $g=a\frac{2\pi}{T}\cos\frac{t+\tau}{T}-\cos\frac{t}{T}2\pi=a\cos\frac{t+\tau}{T}$ kifejtve: a gyorsulás $g=a\frac{2\pi}{T}\frac{\cos}{T}$

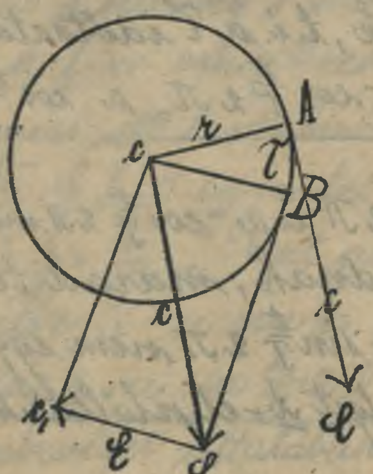
$2\pi.\cos\frac{\tau}{T}2\pi-\sin\frac{t}{T}\pi-\cos\frac{t}{T}2\pi$ A $+\cos\frac{t}{T}2\pi$ és a $-\cos\frac{t}{T}2\pi$ nulla értéket adnak, marad tehát, hogy a $g=a\frac{2\pi}{T}-\frac{\sin t}{T}.2\pi\frac{\tau}{T}.2\pi.$ Ha a $\sin\frac{t}{T}2\pi$ nem egyéb mint az inga mozgás elmozdulása, melyet x-el jelöltünk s igy $g=-\frac{4\pi^2x}{T}$

A gyorsulás tehát arányos az elmozdulással.

Az egyenletes körmozgás.

Egyenletes körmozgásnak oly mozgást nevezünk melynél az egyenlő idő alatti utak egyenlők, de a mozgás iránya folytonossan változik. Legyen pl. a mozgó test a kezdet pillanatában a C-pontban, akkor bizonyos idő elteltével D-be jut. A CD iv a mozgás utját, a CD egyenes pe-

dig az elmozdulást adja. A sebességet végtelen ki-
időre vonatkoztatva a D. ponthoz húzott érintő
fogja adni. A gyorsulás nem esik össze a
mozgás irányával, hanem arra merőlegesen
áll s a központ felé irányul.—
Hogyan határozzuk meg a körmozgásnál va-
lamely T idő tartam alatt a meglevőhöz hozzá-
járuló sebességet vagyis a gyorsulást? Vegyük, hogy a mozgó test
A. pontjából B.be jut, akkor a sebesség, mely állandó nagyságú,
csakis irányban változott meg. Midőn a mozgó test A pontban



volt akkor az ezen ponthoz húzott A ℓ-
egyenes fejezi ki a sebesség irányát s nagy-
ságát. B-ben ugyanaz lesz a sebesség nagy-
sága, de az iránya más t.i. a B-hez hú-
zott érintő fogja jelölni. Ezen sebesség vál-
tozásnál tudjuk azt, mi volt az eredeti se-
besség s mi lett belőle a mozgás folyamán, most
tehát csak azt kell keresnünk, hogy mit kel-
lett az eredeti c sebességhez adni, hogy Bb;
váljék belőle. E végből a központból párhuzamos egyeneseket húzunk
az A ℓ és B ℓ-hez s ezeknek végpontjait a b $ℓ_1$ = ℓ összekötjük. A
ℓ az egyik összetevő, ebből a mozgás alatt egy oly sebesség keletkezett,
mely tőle csupán irányra nézve tér el, ezen egyenes ennek követ-
keztében nem lehet más, mint a jelzett összetevőnek az eredője.
Az ℓ-t s az $ℓ_1$-et bezáró vonal adja a másik összetevőt, vagyis
a T-idő alatt a meglevőhöz hozzájáruló sebességet. Ezen T idő tartar-
tamra vonatkoztatott sebesség iránya, mint az ábráról is kivehe-

tó a központ felé tart, nagysága egyszerű geometriai számítás útján határozható meg.-

Van itt ugyanis két háromszög: az $o\,\mathfrak{b}\,\mathfrak{b}_1$ és a $\mathfrak{B}\,o\,\mathfrak{A}$. E két háromszög hasonló egymással, mert az $o\,\mathfrak{A}$ merőlegesen áll az $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$-re; az $o\,\mathfrak{B}$ pedig a $\mathfrak{B}\,\mathfrak{b}$-re [merőlegesek azért, mert a sugár végpontjához húzott érintő ⊥ a sugárra]

Hasonló háromszögekben a megfelelő oldalok arányosak; tehát ezen két háromszögnek oldalai között is aránylatot lehet fölállítani s pedig olyképen: $\mathfrak{b}\mathfrak{b}_1 = \mathfrak{c} : o\,\mathfrak{b} = \mathfrak{A}\mathfrak{B} : o\,\mathfrak{A}$. Az $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$ nem egyebb mint a mozgó testnek c sebességgel $\mathfrak{T}$. idő alatt befutott útja, az pedig $= c\,\mathfrak{T}$. Az $\mathfrak{A}o$ a kőrnek sugara, ezen értéket azon aránylatba helyettesítve kapjuk, hogy az $\mathfrak{c} = \frac{c^2\mathfrak{T}}{r}$. A $\mathfrak{T}$ időtartam alatt a megléwőhöz hozzájáruló sebesség, vagyis a gyorsulás egyenes viszonyban áll a sebesség négyzetével s fordított arányban a görbületi sugárral. A $\mathfrak{T}$ időalatti sebesség $\mathfrak{c} = g\,\mathfrak{T}$; ebből a $g = \frac{\mathfrak{c}}{\mathfrak{T}}$, s így az $\mathfrak{c} = \frac{c^2\mathfrak{T}}{r}$ képletből a $\mathfrak{T}$ kiesik s kapjuk, hogy a $g = \frac{c^2}{r}$. A gyorsulásnak még másféle meghatározást is adhatunk, ha behozzuk az egyenletbe a szögsebességet. A szögsebességet azon viszonyból, állapithatjuk meg, mely a sugár által leírt szög s az erre szükséges idő között fennáll. Ha az időegység alatt a szögelmozdulást w-vel jelöljük, akkor $c = r\,w$; ezt a $g = \frac{c^2}{r}$ egyenletbe helyettesítve a gyorsulás $= \frac{r^2 w^2}{r} = r\,w^2$. Ilyféle szögsebességgel találkozunk például az égi testek mozgásánál. [lásd általános Gravitatió]

Dynamika.

Az erőmûtan feladata az egyes mozgási fajokat okaikra visszavezetni. Ezen feladat megoldásánál azonban gyakran oly nehézségek merülnek fel, hogy hypothesis útján állapithatjuk meg az egyes jelenségekre vonatkozó törvényeket. Már az ó korban találunk példát arra, hogy az egyes tudósok a mozgások okait igyekeztek megmagyarázni; ezen törekvésnek azonban az volt a közös hibájuk, hogy csak egy okra vezették vissza minden mozgást. Ugy fogták fel ugyanis a dolgot, hogy ha pl. valamely testet elhajítunk erőt közlünk vele s ha a test megáll, ez annak a jele, hogy a vele közölt erőt elfogyasztotta. Hogy azonban ezen nézet helytelen, arra épen a hajított testek mozgása vezetett. Említettük ugyanis a hajításnál, azt, hogy ott két mozgás szerepel, az egyik egyenletes változatlan, a másik a változó mozgás. A két tüneményt, melyek minden tekintetben eltérők egymástól egy és ugyanazon oknak tulajdonítani nem lehet s ép ezért veszük föl azt, hogy a mozgás jelenségeinél két tényező szerepel. t. i. az egyenletes változatlan mozgást előidéző tétlenség és az esést eredményező erő.

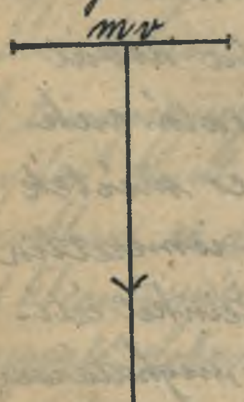
A tehetetlenség kimutatására sok példát hozhatunk föl a köz életből, ilyen például a pörgetyűnek a mozgása. A pörgettyűt erőnk segélyével hozzuk mozgásba, mely állapotban mindaddig megmarad épen tehetetlenségénél fogva, míg az erő hatása meg nem szűnik. Ha egy kocsira két bábut helyezünk el egymással szemközt s a kocsit hirtelen megindítjuk, akkor az első ülésen levő alak fog arcza bukni; ha pedig a mozgást ép oly gyorsasággal megszüntetjük, azon esetben a hátsó bábu esik le az üléséről. Mindkét tüneménynek az oka ismét csak a tehetetlenség.–

A mozgás elméletével már Galilei is behatóan foglalkozott, de törvénybe foglalta. Ezen törvények oly alakban, mint Newton felállította, mai nap is érvénnyel bírnak s következőleg hangzanak: 1) Minden test nyugvásban, vagy egyenletes mozgásban van, míg oly erő nem hat reá, mely sebességét megváltoztatná.

2). A mozgás változása arányos az erővel, mely létesíti s annak irányában történik.

3). A hatás egyenlő az ellenhatással (Actio - reactio), mert a működő erők egyenlők, de ellentett irányúak. Mielőtt ezen törvények részletes tárgyalásához fognánk, előre kell bocsátanunk azt, hogy mit értünk az anyag s mit a mozgás mennyisége alatt. Anyagnak általában mindazt nevezünk, a mi érzékeinkre hatást gyakorol; az anyag mennyisége tömegnek mondatik. A mozgás mennyiségének meghatározására két tényezőnek ismerete szükséges t.i. mekkora a mozgó test s mily mértékben történik a mozgása; ez utóbbira van már mértékegységünk, de az előbbire még nincs direct egységünk.

Ezt megelőzőleg is azonban mondhatjuk már azt, hogy a mozgás mennyisége a tömegnek s a sebességnek a szorzatával egyenlő; geomtriailag egy vonal által állítható elő, melynek iránya a sebességet fogja jelelni —



A mozgás változása alatt általában azt értjük, ha egy anyagi test mozog, a nélkül, hogy tömegében változnék; az egész változása a sebességnél megy végbe, melyet gyorsulásnak nevezünk. A mozgás változás tehát az <u>m</u> tömegnek s a <u>g</u> gyorsulásnak a szorzatával egyenlő, ha a tömeg nem változik.—

Newton második törvénye értelmében két erő úgy viszonylik egymáshoz, mint a mozgásváltozások. Ha egy vasuti sinen egy lokomotiv áll, melyhez 10 kocsi van kapcsolva; tegyük föl, hogy ezt a 10 kocsit az erő úgy mozgatja, hogy 100 másodperez alatt 5 méter sebességet nyer; egy másik vonat 20 kocsiból áll s 200 mp. alatt 10 méter sebességet nyer. Ezen két lokomotivnak ereje arányos lesz a mozgásváltozásokkal, vagyis $\frac{P}{P_1} = \frac{10\frac{5}{100}}{20 \times \frac{10}{200}} = 1$ $\boxed{\frac{P}{P_1} = \frac{\frac{50}{100}}{\frac{200}{200}} = \frac{1}{2}}$ Ugyanezen példa értelmében, ha felveszük azt, hogy két erő közül a P hat m tömeggel, t idő alatt a sebességgel s a P_1 m' tömeggel t' idő alatti a' sebességel, akkor $P : P_1 = m \frac{a}{t} : m_1 \frac{a_1}{t_1}$. $\frac{a}{t}$ továbbá $\frac{a}{t}$ nem más, mint az időegység alatt meglevőhöz hozzájárult sebesség, vagyis a gyorsulás, ezeket tehát g és g_1-el helyettesítjük s így $P : P_1 = mg : m_1 g_1$, vagyis $\frac{P}{P_1} = \frac{mg}{m_1 g_1}$. Az erőegységnek meghatározásánál is úgy járunk el mint már több ízben tettük, t. i. föltesszük, hogy $= P_1 = 1$, a mi csak akkor lehetséges, ha $m_1 = 1$, $g_1 = 1$, azon esetben $P = m \frac{a}{t} = mg$. Az erőnél tehát <u>egység gyanánt azon erő szerepel, mely a tömeg egységet az időegység alatt a sebességével mozgatja.</u> –

Az erőegységnek megállapitásánál azonban azt a hibát követtük el, hogy kifejeztük a tömegnek s gyorsulásnak szorzata által, pedig a tömegre nézve még nincs mérték egységünk, ez tehát a $P = mg$ egyenletben, mint ismeretlen mennyiség szerepel, de ha az esésre vonatkozó ismereteinket értékesitjük, könnyen találunk módozat a tömegegység meghatározására vonatkólag. Ha valamely test leesik sebessége változik, ott tehát az erő működik. Ezt az erőt, melyet az esés történt nevezzük nehézség erőnek, de csak azon föltétel mellett, ha e jelenség légüres térben megy végbe. <u>Azon erő tehát, melylyel valamely test légüres térben függélyesen esik, nehézségerőnek</u>

mondatik. A levegőben vagy általában bármely közegben való esésnél szintén erő működik, mely azonban korántsem azonos a nehézséggel; a levegőben vagy a vizben történő esésnél ugyanis a mozgás eredő által van létesitve, melyet a test súlyának mondunk s mely változik a szerint, a mint sűrűbb vagy ritkább a közeg. A súly negativ is lehet, pl. gazzal megtöltött gömbnek ilyen súlya van mert fölfelé száll. A testek súlya légüres térben a nehézséggel egyenlő; mely a földnek ugyanazon pontján a különböző anyagokra nézve állandó, minthogy azokban egyenlő gyorsulást hoz létre. Ezt tudva, ha fölveszszük, hogy valamely testnek a nehézsége mg, egymásiké $m_1 g_1$ akkor a két P és P_1 nehézség úgy fog viszonyulni egymáshoz, mint az $mg : m_1 g_1$ Ha az arányzatban az utólagot g-vel osztjuk, akkor $P : P_1 = m : m_1$ vagyis $\frac{P}{P_1} = \frac{m}{m_1}$. Két test nehézsége között tehát oly viszony áll fenn, mint tömegeik között; akkor mondhatjuk e szerint két testről, hogy tömegük egyenlő, ha nehézségük a föld ugyanazon pontján azonos.–

A tömegegység meghatározásánál ép úgy járhatunk el önkényileg, mint a hosz s időegységnél tehettük, a physikában azonban ez állandóan megvan állapitva s nem egyébb, mint 1 kbcentiméter 4 $C°$ viznek a tömege, a mely egy grammal egyenlő. Sokszor a grammot erőegység gyanánt is használták, ma azonban csak a tömeg mérésénél szerepel.–

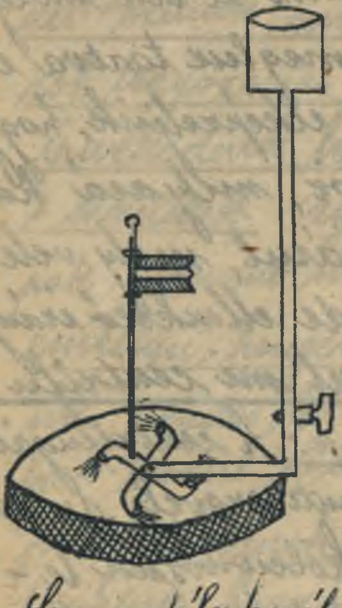
A kilogramm technikai erőegységnek neveztetik s nem más, mint egy köbdeciméter 4 $C°$ viznek a nehézége bizonyos helyre vonatkoztatva. Számokkal kifejezve a techn. erőegység $= 1000 \times 980{\cdot}6 = 980600$. Három egységet határoztunk meg a physikában a centimetert, = C, a grammot = G. s a másodperczet - S. melyekkel, minden phisikai jelenséget lemérhetünk. E mérték rendszert C G S rendszernek mondjuk.-

Hogyan állítjuk rajzban elő erőt? Az erő geometriai előállítása egy egyenes által történik, mely vonal az erővel arányos s a gyorsulás irányával összeesik. A gyorsulást ugy kapjuk meg, hogy a $P = mg$ egyenletből a g értéket kiszámitjuk. Ha valamely tömegre két vagy több erő hat, akkor ezek hatását is a gyorsulások által fejezzük ki, összetevésük semmi nehézséget s foglal magában, mert nem kell egyebet tennünk, mint ezen erők között az erő egyenközény utján az eredőt meghatároznunk.-

Ha két erő egy irányban hat, akkor mindkettő iparkodik sebesség változást létesíteni; ezen esetben az eredő nagysága az összetevők összegével egyenlő; iránya pedig a közös iránynyal esik össze. Két ellentett irányú erőnek eredője az összetevők különbségével lesz egyenlő, s mindig a nagyobb erő irányában fog mozgásokat létesíteni.-

Ha két erő egyenlő nagyságú, de ellentett irányú azon esetben eredő nem származik, mert az erők hatásaikat kölcsönösen lerontják.-

Newton harmadik törvénye szerint a hatás a visszahatással egyenlő. Ennek példákkal való illustralására fölhozhatjuk azon esetet, midőn valamely nagyobb tömegü testet eltolni akarunk, akkor erőt fejtünk ki, de mozgás nem jön létre, mivel a test ugyanoly nagyságu erőt gyakorol reánk, mint mi annak tömegére. Midőn valamely tárgyat pl. a tekegolyót eldobjuk, akkor nem állunk függélyesen, hanem hajító állásba helyezzük magunkat, mert az ellenhatás folytán könnyen hátra eshetnek. Az actio-reactio törvényét igen előnyösen lehet felhasználni egyes eszközök mozgásba hozatalára. Ezen alapszik a Ségner féle kerék forgása. A ségner féle kerék küllői csövekből állanak s az érintő irányában meg vannak hajlítva; a küllők vizet sugároznak ki, a kitóduló vízmennyiség hátrafelé erőt gyakorol s az egész szerkezet ennek következtében forgásba jön.-

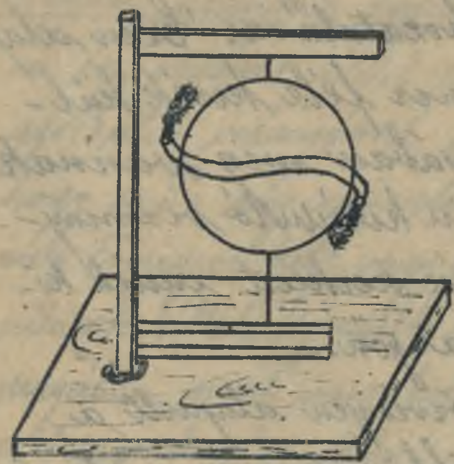


Segner féle kerék

Ugyancsak ezen törvényen alapult a Heron féle legrégibb gőzgép is, mely gömb, vagy labda alakú volt s karokkal ellátva a legnagyobb köre mentében. A gépben hevítés folytán gőz képződött, mely a karok nyílásain kitódult s ugyanakkor a szerkezet ellenkező irányban forogni kezdett.-

Ha adva van egy mozgás s a meghatározásra szolgáló tényezők kutathatjuk azt az erőt, mely a mozgást előidézte; ha pedig bizonyos erő van adva azon esetben az általa előidézett mozgásra vonhatunk következtetést. A közvetlen eljárás azonban nem mindig biztos s kényelmes, miért is több segédfogalommal kell megismerkednünk, melyeket ezen számításoknál célszerűen alkalmazhatunk. Ilyen segédfogalom például a központfutó (centrifugal) erő. Ha két vagy több erő hat akár egy oly testre, mely nyug-

vásban van, akár pedig valamely mozgó tömegre változó moz-
gás jön létre, mely görbe pályán is történhetik. Mi okozza azt
hogy valamely szabadon mozgó test
görbe pályán folytatja útját; mi tart-
ja meg a testet ívalakú pályáján?
Ezen kérdésre azt a feleletet adhatjuk
a mit minden mozgásnál t. i. hogy a
mozgást s így pályáját is két ok léte-
síti: a tehetetlenség s az erő. Ha kör-
alakú pályán történik a test mozgá-
sa, akkor a test meglesz tartva e-
me pályáján, ha elképzeljük, hogy
azon központi erőhöz, mely arra hat,
még egy oly erő is járul, mely vele
egyenlő nagyságú, de ellenkező irányú.
S ezen erő az, melyet mi centrifu-
gál erőnek nevezünk. A centrifugál



Eolipilis. (Heron féle gőzgép).

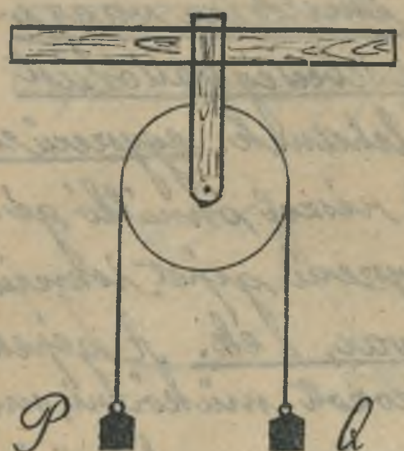
erő tehát nagyságra nézve azonos a központi erővel, de mint
hogy ellenirányban működnek, hatásaikat kölcsönösen le-
rontják s a test tehetetlenségénél fogva pályáján tova fog mo-
zogni. Az egyenletes körmozgásnál a gyorsulás $= \frac{v^2}{r}$, vagy a
szögsebességgel kifejezve ? Ezt egy tetszés szerinti m tömegre vi-
szonyítva $\frac{mv^2}{r} = m r w$?
Hogy a centrifugális erő között némi viszonyt állíthassunk
föl, vegyük hogy valamely m tömegű test körpályán mo-
zog, a melynek sugara r. szögsebessége = a súly m, tö-
gű test r, sugár által leírt körben mozog ro, szögse-

az álló csigánál? Ha a csiga egyik oldalon működő erőt P-vel; a másik oldalon levőt P_1-el jelöljük s ha az elmozdulás h, akkor a két erő munkája Ph és P_1h, lesz. E két munka csakis akkor adhat nulla eredményt ha a $Ph - P_1h = 0$. h-val rövidítve: $P = P_1$. Álló csigánál e szerint akkor van egyensúly, ha a két erő egyenlő.

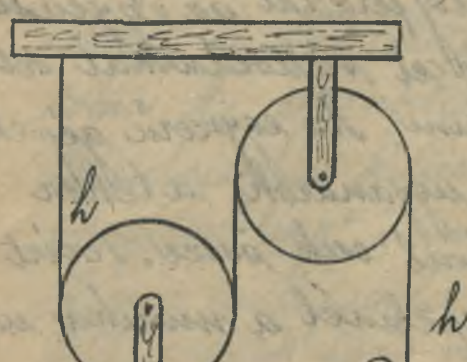
A gépek.

Az egyensúlyi viszonyok helyett az egyszerű gépeknél az erő viszonyokat szoktuk keresni. Gépek alatt oly segédeszközöket értünk, melyeket az ember terhek emelésére vagy erők legyőzésére használ, a nélkül hogy sebességváltozást iparkodnék létesiteni. A gépek kétfélék lehetnek: egyszerűek s összetettek. Egyszerűek azok melyeknek részei önnálló gépek gyanánt nem tekinthetők. Hat egyszerű gépet ismerünk: emeltyű, hengerkerék, csiga, lejtő, csavar, s ék. A gépeknél rendes körülmények között két erő szokott működni, melyek közül azt, mely a másikat legyőzi erőnek a legyőzöttet pedig tehernek mondjuk. Ezen gépeknél azt kell megállapitanunk, hogy áll az erő a teherhez, mely feladat az egyensúlyi viszonyokra vezet vissza, mert helyzet változásokat sebesség változás nélkül akarunk előállitani. Az egyszerű gépeknél az erőnek s elmozdulásnak útjai ugyanazok a teher iránya pedig a nehézségerő irányával esik össze. Ezért mondhatjuk azt, hogy az egyszerű gépeknél a munka, az erő s út szorzatával egyenlő.—

Ha tehát valamely gépnek összes munkáját akarjuk fölírni következőképen járunk el. Erő x erő útja kivonva a teher x teher útja sezi = 0. Vegyük át a minus jellel ellátott mennyiséget az egyenlet másik oldalára, akkor az x erőút-jával = teher x teher útjával vagyis $\frac{erő}{teher} = \frac{teher\ út}{erő\ út}$ Egyszerű gépeknél tehát az erő úgy viszonylik a teherhez, mint a teher útja az erő útjához. Tekintsük külön külön az erő viszonyokat az egyszerű gépeknél. A csiga. Két-féle lehet: mozgó és álló csiga. Az állók működésök alatt csak a tengelyök körül foroghatnak. Egyensúlyban mint azt kimutathatjuk akkor van e rendszer, ha az erő egyenlő



a teherrel. Ha az erőt P-vel a terhet Q-val jelöljük, akkor képletileg úgy írhatjuk föl az erőviszonyt az álló csigánál P: Q = 1: 1 A mozgó csiga gyakorlati alkalmazásnál rendesen egy álló s több mozgó csigából áll. Tegyük föl, hogy P erő hat a h kötélbe Q pedig úgy, hogy a teher $\frac{h}{2}$-el fog emelkedni s akkor egyensúly idején az erő munkája Ph = a teher munkájának a felével $\frac{Qh}{2}$-el, ebből $P = \frac{Q}{2}$. A hátrább álló csiga már csak fél annyival mozog el, mint az előtte levő s erre = $P = \frac{Q}{2 \cdot 2}$ Általánosságban tehát azt mondhatjuk, hogy a mozgó csigánál az erő úgy viszonylik a teherhez, mint egy viszonylik a kettőnek azon hatványához,



melynek kitevője a mozgó csigák száma $P : Q = 1 : 2^n$

A hengerkeréknél az erő viszonyok megállapitása czéljából az utakat kell ismernünk hogy ebből a munka nagyságára vonhassunk következtetést. Az erő útját a kerék kerülete, a terhet pedig a hengerkerülete képezi s ekkor a két erő munkája lesz: $P.2R\pi$ és $Q.2r\pi$. Ezen két szorzatot arányaltba állitva a $P:Q=2.r\pi:2R\pi$; 2π-el lehet röviditeni s igy $P:Q=r:R.$; vagyis a hengerkeréknél az erő úgy áll a teherhez, mint a henger sugara a kerék sugarához. Az emelő rudnál köznont kivüli mozgásokat végeznek az erők, melyeknél a befutott utak a forgási középponttól mért távolságtól, vagyis a sugaraktól függnek s ezeket az emelytyü karjainak szoktuk nevezni. Az emelő rudnál tehát az erő úgy viszonylik a testhez, mint a teher karja az erő karjához.

Alig van gép, mely a közéletben oly nagy alkalmazást nyerne, mint az emelytyü. Ilyenek például az olló, ajtósarok, evező stb, melyek a czélnak megfelelően vannak elkészitve. Igy az evezőnél nem akarunk nagy terheket legyőzni, hanem aránylag nagy elmozdulásokat léteziteni s azért az evező az evező karjának jó hosszúnak kell lenni. Az ollónál különféle viszonyok állhatnak elő, ha jelentékeny erőt nem akarunk kifejteni, hosszú karokat adunk az ollónak, ha azonban nagy erőt akarunk létesiteni, akkor a forgási ponthoz közel kell az ollót fognunk. A csavarnál az erő úgy áll a teherhez, mint egy csavarmenet magassága a csavar hosszához.

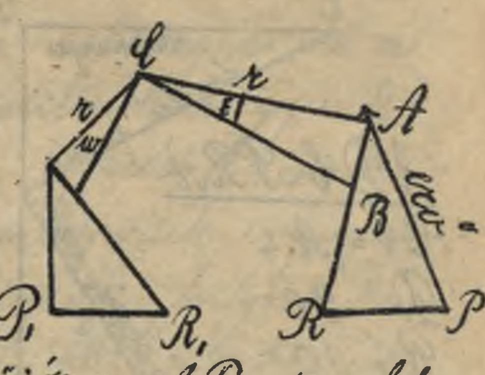
Az éknél az erő merülegesen a hosszúság irányában mű-

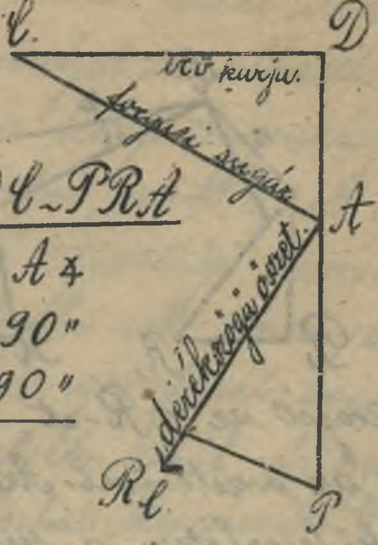
ködik, tehát azzal arányos; a terhet azon ellenállás képezi, melyet az elhasitandó test az ék vastagságának irányában kifejt. Egyensúly idején az erő úgy fog viszonylani a teherhez, mint az ék vastagsága a hosszúsághoz.-
A lejtő egyensúlyi viszonyait részletesen ott ismertettük a hol a lejtőn esés törvényeiről szóltunk.
A felhozott gépeknél egyszerüség kedvéért csak 2 erőt vettünk fel, melyek közül az egyik a legyőző erőt, a másik pedig a terhet képviselte. Igen gyakori azonban az az eset, hogy valamely gépen több erő működik, ekkor az erő viszonyok megállapitása végett úgy kell eljárnunk, mint a két erőnél tettük t. i. megállapitjuk hogy minden egyes erőre a munka nagyságát s az összes munkának egyensúly idején 0-al kell egyenlőnek lenni. Például valamely rendszeren O teher legyőzésére P és R erőket alkalmazunk, akkor a 3 erő munkája, ha h-val jelöljük az utat, P H, R h, O h, s igy $O = P + R$.
A O teher tehát akkor fog egyensúlyt tartani a P és R erőkkel, ha nagyságra nézve a kettőnek összegével egyenlő.-

A forgó szerkezetek egyensúlya.

Forgó szerkezetek alatt azon gépeket értjük, melyek bizonyos irányban forgást képesek létesiteni.
Mikor vannak erek egyensúlyban? Ha valamely szilárd test C központ körül forog és arra egy erő hat, melynek nagyságát és irányát az A P. jelzi, akkor az egyensúly megállapitása föltételezi azt, hogy a mozgás közben végzett munkát

ismerjük. Vegyük, hogy a forgás A B irányban létesül, legyen A E = r a forgási sugár, ε pedig a forgási szöglet. Határozzuk meg ezek alapján a mozgási körben végzett munkát. Huzzuk meg e végből az erőnek a forgás irányában eső derékszögű összetevőjét az AR-et, akkor a munka egyenlő lesz az út szorozva az összetevővel. Az út itt nem egyébb, mint A B azt pedig kifejezhetem a sugárnak a forgási szögletnek a szorzata által s igy a végzett munka $R r \varepsilon$-al egyenlő. Valamely forgó szerkezetre ható erőnek a munkája egyenlő a forgás irányába eső derékszögű összetevőnek a forgássugárnak s a forgási szögletnek a szorzatával. Az ilyen forgó mozgásnál tekintettel kell lennünk arra, hogy milyen irányban történik a forgás. Azon erő munkáját, melynél a forgás az óra mutató irányában történik, positivnak neveztetik, az óra mutatóval ellenkező forgás által végzett munka negativnak mondatik. A P erőnek a munkája tehát $R_1 r \varepsilon$ lesz. A $R r \varepsilon$ szorzat különössen fontos a forgó szervezetekre, mert kifejezi azt, hogy mily mértékben fog az erő ezen szerkezetre hatni. A szorzatot külön néven forgató képesség nek nevezzük. Szilárd szerkezeteknél tehát egyensuly akkor áll elő, ha a forgási nyomaték null, vagyis ha az előre, s hátra felé irányuló forgások nyomatékai egymással egyenlők. A forgató képességet még máskép is előállithatjuk. E végből meghuzzuk az erő karját, mely alatt azon merőlegest értjük, melyet a forgási kö–





$ADC \sim PRA$
$C\sphericalangle = A\sphericalangle$
$D \; 90''$
$R = 90''$

<u>zéppontból az erő irányára bocsátunk.</u> Ha erre tekintettel vagyunk, akkor van itt 2 ~ háromszög, melyeknél a $P : R = r : p$ s ebből <u>$Pp = Rr$</u> A nyomaték = az erőnek s az erő karjának a szorzatával. Vizsgáljuk most azon esetet, midőn valamely pont egy tengelyhez kötve kör alakú pályán forog; keressük itt az egyensúlyi viszonyokat. A forgató képesség lehozatala igens megkönnyíti az egyensúly meghatározását s azért a fölvett példában is a forgató képességet kell először meghatároznunk. Húzzuk meg e végből a forgási tengelytől a P ponthoz tartozó összetevőt, ha azt K-val jelöljük, akkor PK = a forgató képességgel, s ha ez 0-al egyenlő, az esetben a nehéz pont egyensúlyban lesz.

A mozgó pont a forgási középponttól jobbra s balra foglalhat helyet; mindkét esetben egyensúlyi helyzetet iparkodik elfoglalni, mely vagy a tengely fölött vagy pedig az alatt van. A felső egyensúlyi helyzet tényleg elő nem állítható, mert az emberi műveletet sohasem elég pontos, csak közelítő értékű. Ha például mozgás közben sebesség változást akarunk létesíteni, az dynamikailag tehetjük, de kimutatni azt, hogy hol 0 a sebesség és ott a testet egyensúlyba helyezni, arra képtelenek vagyunk. Az alsó egyensúlyi helyzetben az erők a testet bizonyos ideig ide-oda mozgatják, de végre megállapodik s nyugalmi helyzetet elfoglalja. A felső egyensúlyi helyzet kísérletileg nem, csak gondolatban állítható elő s azért <u>labil egyensúlynak</u> neveztetik, ellentétben az alsóval, mely <u>stabil egyensúlynak</u> mondatik.

Ha a pontra vonatkozó szabályokat ismerjük, alkalmazhatjuk ezeket a pontok egész tömegére vagyis egy anyagi testre is. A közvetlen eljárás, melyet követnünk kellene akkor, midőn valamely nehéz testtel van dolgunk, az volna, hogy minden képzelhetőnél kisebb térfogati részekre bontsuk föl s az így nyert tömegben a forgóképességet meg kellene határoznunk s összeadnunk; a kapott eredmény az egész test forgató képességét adná. Ezen eljárás azonban nagyon hosszadalmas, melyet csak számítás által lehet eszközölni; de a testre vonatkozó forgató képességet igen könnyen meghatározhatjuk, ha ezen bonyadalmas számításnak csak eredményére szorítkozunk. Ezen számításnak eredménye pedig azt mondja, hogy minden szilárd testnek forgató képessége helyettesíthető egy oly pont forgató képessége által, mely bármely forgási tengelyre vonatkozólag változatlan elhelyezésű a testre vonatkoztatva s ebben a test tömegét egybe foglalva gondoljuk.

<u>Minden testben lehet tehát egy oly pontot találni, mely-</u>

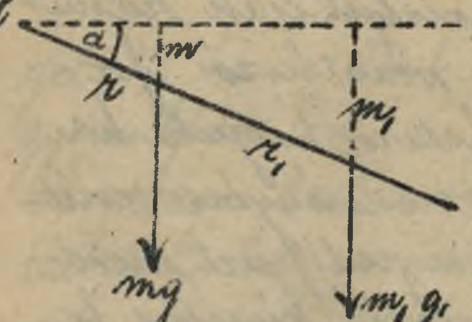
nek forgató képessége ugyanaz, mint az egész tömegnek, s ezen pont a súlypont.

A súlypont meghatározása.

A súlypontra vonatkozólag megállapitottuk azt, hogy az elmozdulása folytán végzett munkája egyenlő a test munkájával; forgó szerkezeteknél pedig a nehéz testnek összes forgási nyomatéka egyenlő a súlypont forgási nyomatékával.—

Hogyan lehet a súlypont helyzetét meghatározni?

Vegyünk föl e végből 2 m és m_1 pontot valamely testben, legyen l a forgási középpont; r és r_1 a két pontnak a forgási tengelytől mért távola s α jelentse azon szöget, melyek a tömegpontokkat összekötő egyenes a vízszintessel képez. A két pontra vonatkozólag a következő egyenletet állithatjuk föl azon alapon, a mit a munkára vonatkozó-

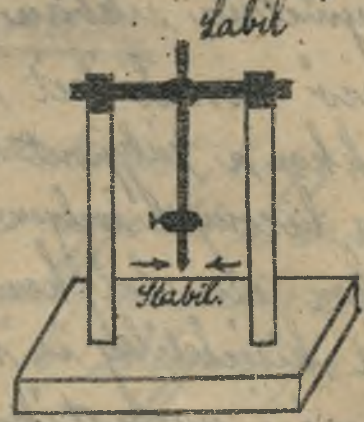


lag fölállitottunk [lásd a 44 oldalon] a $P\cos x$ képletet $m g r \cos\alpha + m_1 g r_1 \cos\alpha = (m + m_1)\, g \cos\alpha$, de az innenső szorzatot, míg a forgási sugárral. Ebből $x = \frac{m r + m_1 r_1}{m + m_1}$. Ha $m = m_1$ akkor $\frac{m r + m r_1}{2m} = x$ vagyis $x = \frac{r + r_1}{2}$ ezen képlet tehát azt fejezi ki hogy ha valamely testben a tömegpontok egymással egyenlők, akkor a súlypont a középen fog feküdni; ha pedig az egyik pont nagyobb a másiknál, akkor ennek közelében találhatjuk meg

a súly pontot.
A súly pont a szabályos vagy symetrikus testeknél a symetria síkban fekszik. Ha az anyagi pontok a felező vonal két oldalán egyenlően vannak elosztva, akkor a súlypont a vonal közepén foglal helyet; ha pedig bizonyos helyen a tömegpontok száma nagyobb, akkor ezen helyhez közelebb fog feküdni. A súlypont fekvését kísérletileg is meghatározhatjuk, mert tudjuk hogy a forgási nyomatéka olyan, mint a testé. Egyensúlyban lesz a pont akkor, ha a forgási tengely alá fog esni. A testekre nézve a súlypontot úgy határozzuk meg, hogy egy tengely körül forgásba hozzuk midőn is a súlypont azon síkba fog esni, mely a testre merőlegesen áll, de egy másik tengely körül is forgatnunk kell, mert a két függélyesnek metszési pontja fogja csak kellőképen megjelölni a súlypontot.

A súlypontról tárgyalásunk folyamán a következőket jegyeztük meg: 1) a symetrikus testeknél a felező vonalba esik. 2) a súlypont a nagyobb test tömeghez mindig közelebb fekszik. 3.) Minthogy a súlypont mindig a legmélyebb helyet iparkodik elfoglalni, csak akkor lehet egyensúlyban, ha a forgási tengely alá esik. Hogy ezen tételek a súlypontra vonatkozólag csakugyan érvénnyel bírnak, mert a tett kísérletek is bizonyítják.
Ha például egy tömegében egynemű golyót veszünk s akár hogyan helyezzük is el az mindenkor körülmények között egyensúlyban lesz, mert középponttal bír a me-

lyen át minden irányban húzhatunk egy symetrális tengelyt s ebben foglal helyett tudvalevőleg a súlypont. Egy inga rúdját ha lengésbe hozzuk az bizonyos ideig lengés után egyensúlyi helyzetét iparkodik elfoglalni. Akár hol akarnók is az inga rúdját mozgásba hozni, az máshol nem történhetnek meg csakis azon pontonmelyet épen a forgó mozgásnál stabil egyensúlynak neveztünk el, mert azon helyzet, a hol a súlypont a forgási tengely alá esik.—

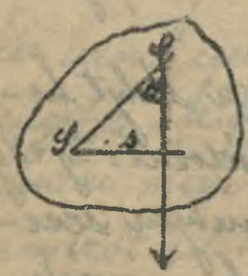


Annak kimutatására hogy a súlypont mindig a legmélyebb helyet iparkodik elfoglalni a következő kísérletet eszközöljük: Veszünk egy kereket, melynek talpazata ólommal van kitöltve s ezt lejtős pályára helyezzük el, akkor a karika nem, lefelé fog gurulni, a mint azt rendes körülmények között várnók, hanem fölfelé, mert súlypontja a legmélyebb állást iparkodik elfoglalni, melyet azonban csak úgy érhet el, hogy pályáján fölfelé halad. Ugyanezt az eredményt nyerjük akkor is ha egy kettős kúpot helyezünk lejtős pályára, mert a súlypont a forgási tengely alá iparkodik esni, vagy a mi mindegy a legmélyebb helyzetét elfoglalni s ez csak úgy lehetséges, ha a kúp fölfelé mozog.

A súlypont fogalma egyszerűsítést szolgáltat a testek forgási viszonyainak meghatározásánál. Szilárd testek helyzetváltozásánál tehát elégséges, ha adva van a súlypont s a forgási sugár, mert ezekből megállapíthatjuk a test súlyát.

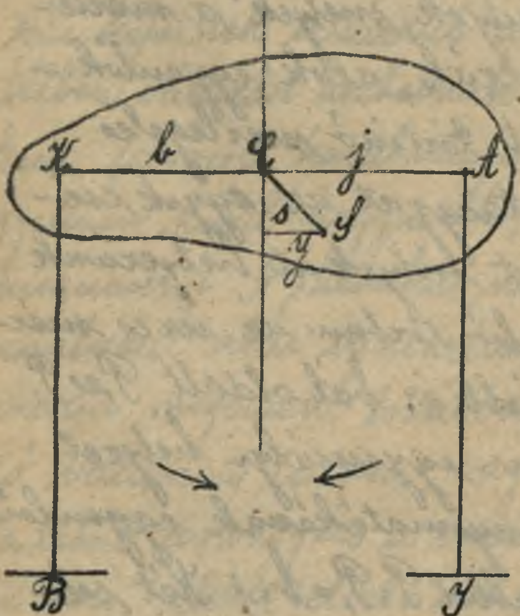
A mérleg.

<u>A mérleg oly eszköz, mely a tömeg meghatározása céljából a testek súlyát hasonlítja össze.</u> A mérlegnek csak egy egy szilárd része van – a mérleg rúdja, melynek mechanikai viszonyait súlypontja által fejezzük ki. A rúd két végpontjára csészék vannak függesztve s pedig úgy, hogy a súlypont a forgási tengely alá essék. Ezen csészéken kívül hat még itt a mérleg rúdjának a súlya, melyet a súlypont által helyettesítünk.



S. s. ind

Hogy az egyensúlyi viszonyokat megállapítsuk, tekintsük ezen mérleget, melynél L a forgás tengelye, AK a mérleg karja; J és B a jobb és balkaron működő erők. S a súlypont; y a súlypontnak a forgási tengelytől mért távola.



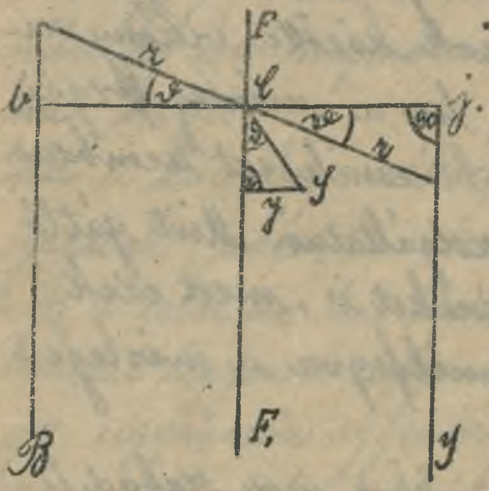
Egyensúly esetén szükséges, hogy az ellentett erők egymást kiegyenlítsék, vagyis, hogy az egyik kar forgási nyomatéka egyenlő legyen a másik kar forgási nyomatékával. $Jj + Sy = Bb$ egyenlet fejezi ki tehát a mérleg egyensúlyi viszonyát, mely egyszersmint azt is mutatja, hogy a mérleg alakja semmi be-

folyással s nincs az egyensúlyi. –
A mérlegelés kétféleképen történhetik egy s két csészében. Az első mérlegelési mód abban áll, hogy a meghatározandó súlyt a mérleg oldalára tesszük és arra törekszünk, hogy a mérlegelés szabadon lenghessen, hogy az egyensúly egyenletében csak az előbb lehozott erők szerepeljenek, vagyis oly egyensúlyi helyzetet iparkodunk létesíteni, melynél a súlypontnak a forgási tengelytől mért távola, az y. állandó, a csészében pedig ugyanazon erők működnek. Ezen mérlegelés azért neveztetik egy csészében történő mérlegelésnek, mert a súly és a megmérendő és a megmérendő anyag ugyanazon csészében foglalnak helyet.
Ha a különben változatlan mérleg egyik karjára súlyt helyezünk, akkor a mérleg egyenlete így képen módosul: $Yj + Sy = B_1 b$ ebből az következik, hogy $B = B_1$. Akár milyen szerkezettel legyen is dolgunk, azok a súlyok, melyek a mérleget ugyanazon egyensúlyi helyzetbe hozzák, azok egyenlők. –
A másik eljárási mód a két csészével történő mérlegelés mely abban áll, hogy a lemérendő tárgyat az egyik csészébe tesszük, a másikba pedig ismert súlyokat helyezünk el. Itt két dolgot kell végeznünk; első sorban az üres mérleget egyensúlyozzuk, azután a jobb és bal oldalt P és P_1 súlyokkal megterheljük. Ha ugyanazon egyensúlyi helyzet állott elő, akkor a két erő forgási nyomatékának egyenlőnek kell lenni, vagyis $Pj = P_1 b$ s ebből $P : P_1 = b : j$. Két csészében levő mérlegelésnél a súlyok fordítva aránylanak a karokhoz. Ha P a meghatározandó súly, akkor $P = \frac{b}{j} P_1$. –

A két csészében való mérlegelésnél, mint legközelebb kimutatjuk, pontos eredményt nem nyerhetünk, mert nem létesíthetjük azt, hogy a karok milliomod részényi pontosságig egyenlők legyenek egymással. A priori tehát egyenlőkarú mérleg nincs, mert ezek a mérleg minden állásával megváltoznak. Másodsorban azért sem kaphatunk pontos eredményt a két csészével történő mérlegelésnél, mert a karok viszonya sem állandó. A mérlegelést t.i. olymódon eszközöljük, hogy a mérleget ugyanazon egyensúlyi helyzetbe vezetjük vissza, melyben az a megterhelés előtt volt, de ezt elérni igen bajos, minthogy a karok mérlegelés alatt meghajlottak. A karok közötti viszony csakis azon esetben maradna ugyanaz, ha a mérleg forgási tengelye s felfüggesztési pontja egy egyenesbe esnék, ezt azonban szintén nem lehet egész pontossággal szolgáltatni. Mint gátló tényezőt föl kell még említenünk a csészéket is, mert ezek sem képeznek szilárdul álló tömeget s ennélfogva a mérlegelésben változást hozhatnak létre.–

Ezen felsorolt körülményeket különösen akkor nem szabad figyelmen kivül hagynunk, ha a tömeg absolut értékét akarjuk megismerni. A chemikus nem kivánja az absolut tömeget; akár analysal akár synthetisal, csak a súlyok viszonyos értékét akarja megtudni, továbbá, hogy mily alkatórészek fordulnak elő valamely testben, vagy mily alkató részekből állitható elő. Ha tehát a vegyész a lemérendő súlyt mindig ugyanazon csészébe teszi, akkor elérte azt, a mire törekszik. Hogy a tömeg absolut értékét legalább megközelitőleg határozhassuk meg, e végből olyképen járunk el, hogy a lemérendő testet az egyik csészébe, a tárát pedig a másikba tesszük. Az egyensúly beálltával a kérdéses test helyett ismert súlyokat teszünk, mely a lemérendő tömeg súlyát mutatja. A jó mérlegtől megköváljuk, hogy érzékeny legyen. Érzékenynek akkor mondjuk a mérleget, ha karjait az egyik csészébe dobott kis túlsúly is kimozdítja egyensúlyi helyzetükből. Az érzékenység mértékéül egy centigramm által okozott kimozdulást használjuk.

Mitől függ a mérleg érzékenysége? Ennek kimutatására tekintsük a következő mérleget. Egyensúly idején $Jj + Sy = Bb$.



mint azt a mérlegre általánosságban megállapítottuk. A mellékelt rajzból is kivehető, hogy itt két derékszögű háromszögünk van, melyeknél a j mint a ϑ melletti befogó $= r\cos\vartheta$; az y, mely a ϑ-val szemközt fekszik $= s\sin\vartheta$; a $b = r.\cos\vartheta$. Ha ezen értékeket az egyensúly egyenletébe helyettesítjük, akkor kapjuk, hogy $Jr\cos\vartheta + Ss\sin\vartheta = Br\cos\vartheta$. Osszuk az egész kifejezést $\cos\vartheta$-val, azon esetben $Jr\frac{\cos\vartheta}{\cos\vartheta} + Ss\frac{\sin\vartheta}{\cos\vartheta} = Br\frac{\cos\vartheta}{\cos\vartheta}$. A $\frac{\cos\vartheta}{\cos\vartheta}$ az egyenlet mindkét oldalán az egységet adja s azért mint szorzó elmaradhat; a $\frac{\sin\vartheta}{\cos\vartheta} = \mathrm{tang}\,\vartheta$ s így $Jr + Ss\,\mathrm{tang}\,\vartheta = Br$ Ebből $\mathrm{tang}\,\vartheta = \frac{Br\ Jr}{S.s}$, vagy az r et kiemelve $\mathrm{tang}\,\vartheta = \left[\frac{B-J}{Ss}\right]r$.

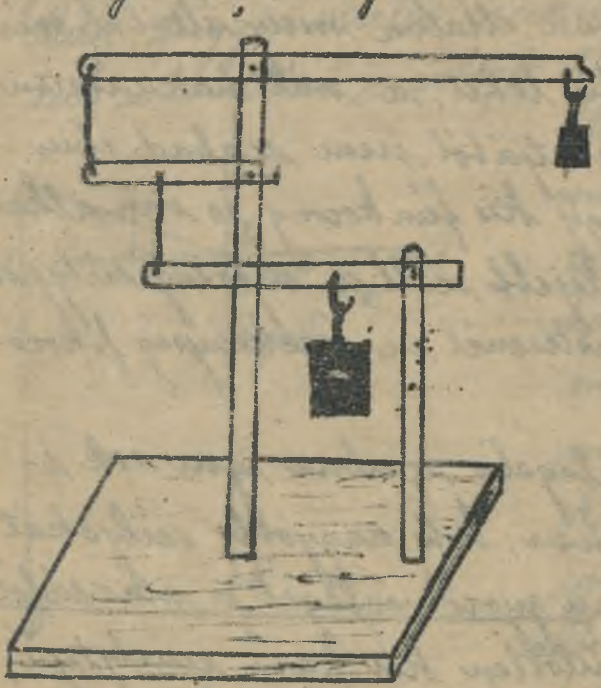
A kihozott képletben a ϑ nem egyébb mint egy kis túlsúly folytán keletkezett kitérési szöglet, mely egyenes viszonyban van a mérlegrúd hosszával s fordítva aránylik a súlyponthoz s a forgásponttól mért távolsághoz. Mivel pedig a ϑ nagysága a a mérleg érzékenységének kisebb vagy nagyobb fokát jelzi, azért mondhatjuk, hogy annál érzékenyebb valamely mérleg, minél hosszabbak a karok, minél kisebb az egésznek a súlya, s végre minél közelebb esik a súlypont a forgási tengelyhez.-

A mérlegnek érzékenysége a tengely való súrlódástól is függ, ezt tehát lehetőleg kisebbíteni és a forgás élt az eltompulás ellen óvni kell. Ezen czélra a tengelyt kemény aczélból készítik, mely rendesen acháton nyugszik; a mérlegrudat tartó függélyes oszlop pedig oly szerkezettel van ellátva mely által a mérlegrudat s a tengelyt kissé emelni lehet, a mit használaton kivül a mérleg kímélése szempontjából nem szabad elmulasztanunk. A mérlegrudon még egy kis fém korong is van alkalmazva, melyet, ha lecsavarunk, lejebb száll a mérleg súlypontja és az érzékenység csökken; emelésénél az érzékenység fokozódik.-

Az ilyen pontos eszközzel való mérlegelés azonban igen sok időt vesz igénybe, azért oly helyeken, hol nagyobb súlyokat gyorsan akarunk megmérni, <u>a gyorsmérleget v. mázsálót</u> alkalmazzuk. A mázsáló egyenlőtlen két karú emelytyű,

melyen a mérlegést oly képen eszközöljük, hogy a lemérendő súlyt a kisebb karra helyezzük, a másikon pedig az ellensúlyt, vagyis az úgynevezett körtét ide-oda mozgatjuk mindaddig, míg az egyensúly helyre nem áll. Az ilyen gyors mérleg segélyével azonban igen nagy súlyokat nem mérhetünk meg, mert a karokat roppant hosszúra kellene készítenünk, ilyen eszközzel pedig kényelmetlen a mérlegelés. Hogy akár milyen nagyságú súlyt is képesek legyünk lemérni, e végből több egyszerű mérleget teszünk össze. Ilyen összetett eszköz a <u>tizedes és százados mérleg</u>.

A tizedes mérleg két egykarú és egy két karú emeltyűből áll; kivitele a következő: veszünk egy emelő rudat, melynél az egyik kar kétszer akkora mint a másik; ha ez egy oly mérlegre hat, melynek csak félakkora nagyságú karja van,



azon esetben képes lesz hatszorta nagyobb súlylyal egyensúlyt tartani, mint ha egyedül működnék; ha még egy harmadik emeltyűvel is kapcsolatba hozzuk, akkor még nagyobb lesz az emelő képesség. Az itt látható összetett mérlegnél a karok úgy viszonylanak egymáshoz, mint $\frac{1}{4}:\frac{1}{5}:\frac{1}{2}$, ennél tehát az egységnyi súly $\frac{1}{4}\times\frac{1}{5}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{40}$ negyven kilogrammal lesz képes egyensúlyt tartani.—

Mérlegelés által a testek súlyait hasonlítjuk össze, és pedig rendes körülmények között levegőben.—

A levegő azonban nem állandó s ezért a különböző időben eszközölt mérések eredményei eltérők lesznek. A mit közvetlenül megismerünk, az a tömeg viszonya lesz, a mennyiben mi egy köbcentiméter vizet választottunk egységül és azt mondottuk, hogy ez nél pedig kidudorodva, épen ezen jelenségben találja meg fejtését.– Ugyanezen a centrifugál erőn alapszik a gőzgépeknél oly nagy fontosságú regulátor is erről azonban annak idején bővebben fogunk szólani.–

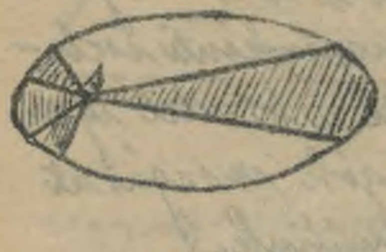
Az általános nehézkedés /: gravitatio :/ elmélete.

A világűrben szabadon lebegő égi testeket vizsgálva, azt találjuk, hogy némelyek egymás iránti viszonyos helyzetüket megváltoztatják, mások nem. Azon égi testeket, melyek csupán tengelyük körül forognak, de egy kivülök álló ponthoz viszonyitva helyzetük ugyanaz marad, álló csillagoknak nevezzük; azokat pedig, melyek nem csupán tengelyük közül, de egy más égitest körül is forognak, bolygóknak mondjuk. Bennünket a nap és hold érdekelnek leginkább, azért ezek mozgásait veszük részletes tárgyalás alá. Az égi testek mozgásának meghatározásánál az volna a legprimitivebb eljárás, ha a naponként észlelt tüneményekből hoznók le a mozgási törvényeket. Az eredmény, melyhez ily naponkénti észlelés által jutnánk, teljes és igaz volna, de a kivitel igen bonyolódott s hosszadalmas s azért a bolygók mozgását a naphoz, a holdét pedig a földhöz viszonyitjuk.–

Régenten a földet vették föl a mindenség központjának s ehez viszonyitották a többi égi testeket, ma azonban a napot veszszük fel.–

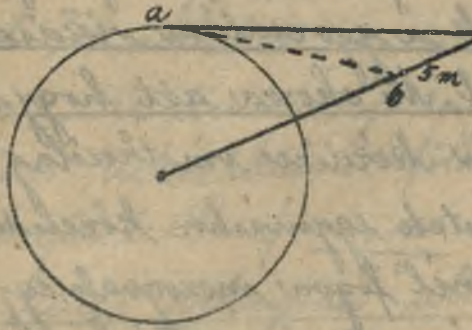
Ezen két sistema sokáig állott szemben egymással; az első melyet Ptolomeus állitott föl geczentrikus (v) Ptolomeus rendszerének neveztetett; az első utóbbinak Koper

nikus volt a megalapítója és heliocentrikus (v) Kopernikus féle rendszernek mondatik. Ha a naphoz viszonyítjuk az égi testeket, akkor igen egyszerű tételek által fejezhetjük ki a bolygók mozgását. Ezen tételekkel Kepler állította föl 3 nevezetes pontban: 1) A elypsis alakú pályán mozognak, melynek egyik gyújpontjában a nap van: 2). Valamely bolygó vezető sugara pályájában különböző részekbe jutva, egyenlő idő alatt egyenlő területeket jut be.
Ezen második törvény értelmében állania kell annak hogy az elyptikus pályán haladó testeknek sebessége változó s pedig nap közelben nagyobb mint naptávolban, mert csak úgy lehetséges, hogy a két különböző alakú terület egyenlő legyen egymással. A két első tétel a bolygók pályájára vonatkozik a harmadik azon viszonyt állapítja meg, mely a különböző bolygók mozgásai közt fennáll.

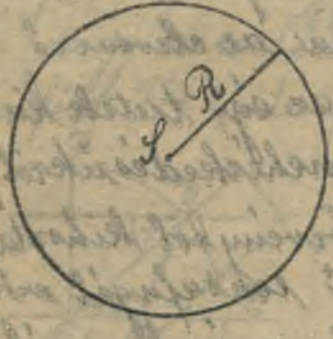


3) Két bolygó keringési idejének négyzete úgy viszonylik egymáshoz mint a naptól való távolságok köbei.
$D^3 : D_1^3 = T^2 : T_1^2$

Ha az égi testek mozgásait figyelmesen vizsgáljuk, azt fogjuk találni, hogy ezeknél az esés jelenségével állunk szemben nem olyan tekintetben mint a szabad esésnél, hanem mint például az elhajított testeknél a hol kétféle mozgást végez az elhajított test.— Mennyiben lehet a bolygó mozgását azonosítani az esésel: c sebességgel ha eldobunk valamely testet, akkor az kétféle mozgást végez: egyenes irányú egyenletes mozgást s az esést. Az első



időegységben tehát az eldobott test a vízszintes mentében ac utat tenné meg, ugyanakkor azonban 5 métert esik s így legközelebbi helyzete az ab lesz. A második másodperczben ugyan így esnek 5 m. a testre esnek az lesz az eredménye, hogy nem fog távolodni a földtől, hanem körülötte keringeni. Ha 8000 méter sebességgel dobnánk el valamely golyót a föld területén s másod-perczenkint 5 m. esnék, akkor az mint bolygó keringene a föld körül. Hogy ezen c sebesség csakugyan 8000 m. azt könnyen kiszámíthatjuk, ha a bolygók pályáját kör alakúnak veszszük, mert azon esetben a gyorsulás $p = \frac{c^2}{r}$ ebből $c^2 = rp$; $s = c = \sqrt{rp}$ A gyorsulás 10 m a föld sugara $R = 6400000$; $c = \sqrt{10 \cdot 6400000} = 8000$. A holdnak gyorsulása, miután a hold a földből 60 föld sugárnyira fekszik $= \frac{1}{60 \cdot 60}$ vagyis $\frac{1}{3600}$ része a föld gyorsulásának.



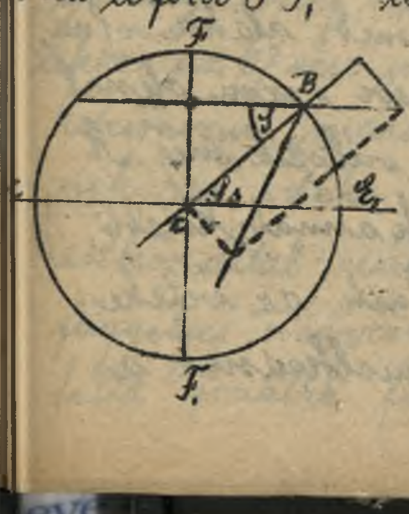
A sebességet s a gyorsulást még más tényezők által is kifejezhetjük. Az egyenletes mozgásnál a sebesség az út s idő viszonyával egyenlő. Ilyen esetben mikor a test kör pályán mozog a befutott út a kör kerületével esik össze így $c = \frac{2R\pi}{T}$ $p = \frac{c^2}{R} = \frac{4R^2\pi^2}{RT^2} = \frac{4R\pi^2}{T^2}$.
Egy más bolygóra $p_1 = \frac{4R\pi^2}{T_1^2}$ A két bolygó gyorsulása $p : p_1 =$

$\frac{4R\pi^2}{T^2} : \frac{4R\pi^2}{T^2}$ $\gamma : \gamma_1 = \frac{R}{T^2} : \frac{R_1}{T^2} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_1} = \frac{R_1}{T^2}\frac{T_2}{R_1}$. A keringési idők négyzetei helyett Kepler 3-ik törvénye értelmében a naptól való középtávolságok köbeit is vehetjük s akkor $\frac{\gamma}{\gamma} = \frac{R_1^2}{R_1^2} = \frac{R^2}{R^2}$ $\gamma^2 : \gamma_1 = R_1^2 = R^2$: A különböző bolygók esésének a gyorsulása viszás arányban áll a távolságok négyzetével. Mi okozza azt, hogy a bolygók a nap körül keringenek? Ezen kérdésre vonatkozólag már Kepler állította azt, hogy az égi testek egymáshoz közeledni törekednek s hogy épen ezen törekvésüknél fogva mozognak egymás körül görbe pályán. Ő tehát már ismerte a nehézkedést, de be nem bizonyította. Newton volt az ki ezen törvényt kellőképen indokolta s érvényességét minden anyagi testre kiterjesztette. Ő ugyanis azt mondotta, hogy összes anyagi testek egymásra hatással vannak, egymást vonzák meg vonzás a tömegekkel egyenes a távolság négyzetével pedig viszás arányban áll. Tételének helyességét a nap vonzására a bolygók irányában mutatta ki. – Ha t.i. a nap egyedül vonzaná a bolygókat, akkor ezeknek a napba kellene hullaniok, de minthogy bizonyos eleven erővel vannak felruházva, e két erő együttes működéséből származik a bolygók görbe pályája, melyben azok csak úgy maradhatnának meg, ha a nap vonzása az elevenerő szülte centrifugál erővel egyenlő. A mi tehát az égi testek központfutó erejéről áll, annak állania kell nehézkedésükről is a napfelé. Newton a Kepler féle harmadik törvényből kihozta, hogy, hogy bolygók központi mozgásánál fellépő centrefugál erők a naptól való távolságok négyzetével viszás arányban állanak, e szerint az égi testek közt uralkodó egyetemes vonzásnak is ily arányban kell állania. Az égi testek kölcsö-

nős vonzása még a tömegek nagyságától is függ s pedig arányo-
ezzal mert annál nagyobb a vonzás, minél több tömeg pontból
állanak az egymásra ható testek. Ha tehát az egyik tömeget
m-el az másikat m_1-el jelöljük: Ha a testek között lévő tá-
volság r. az arányossági tényező pedig f_1 akkor Newtonnak az
általános nehézkedésről fölállított tételét a következő képlet által
fejezhetjük ki: $P = f \frac{m_1 m}{r^2}$ az az két testnek kölcsönös vonzá-
sa egyenes arányban áll azok tömegeivel és viszás arány-
ban a távolságok négyzetével. Megjegyzendő hogy az égi tes-
teket, a bolygókat úgy mint az álló csillagokat, csak tömegpontok-
nak tekintjük a nap nagyságához s távolságához képest.—
Ha fölveszszük hogy $m = m_1$; $r = 1$, azon esetben $P = f_1$ mely egyen-
letben f azon erőt fejezi ki, melyet a tömegegység 1 cm tá-
volban 1 grmm melyet a tömegre gyakorol. Az f_1-et a gra-
vitatio constansanak nevezzük.

A gravitatio változásának oka.

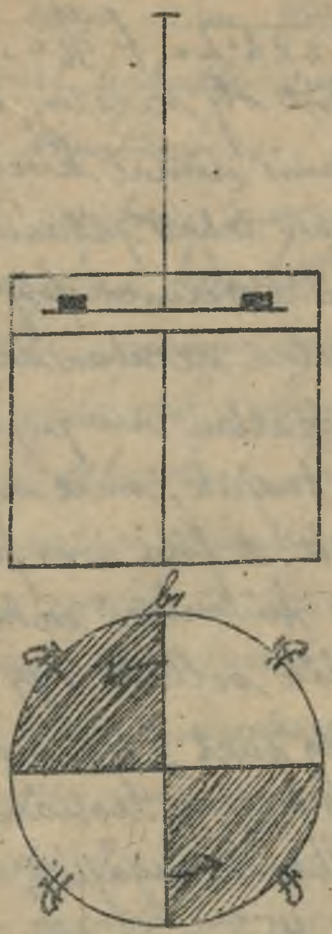
Ha földünk egyenlő tömöttségű, tökéletes gömb alakú s azon kivül
nyugvásban is volna, akkor valamely test a földfelületnek
bármely pontján egyenlő erővel vonzatnék a föld tömege
által s így a nehézség erő mindenütt egyenlő volna. Azon-
ban a föld FF_1 tengelye körül egyenletesen mozog, minek kö-



vetkeztében minden ponton centrifugál erő
fejlődik ki, mely a közép-pont felé
irányitott nehézség erőnek hatását többé
kevésebbé gyengiti. Tudjuk, hogy a centri-
fugál erő az egyenlitő felé nagyobbo-
dik, a sarkok felé pedig kissebbedik

s épen ezen körülmény okozza hogy a nehézség az egyenlítőnél legkisebb s a sarkok felé folyton nagyobbodik. Pl. B pontra vonatkozólag [ábra a 71 oldalon] a $P = \frac{Mm}{R^2}$. Ezen erőn kivül azonban még egy más erő is hat a B pontra mely a nevezett tömeget a központtól eltávolitani igyekszik s ez a centrifugál erő. Kérdés mennyiben gyöngiti a gravitatiót ez a középponttól eliranyitó erő? Hogy erre megfelelhessünk ismernünk kell azon sebességet melylyel a B pont mozog. Az egyenletes mozgásnál a sebesség $c = \frac{s}{t}$ vagyis az út s az idő viszonya. Jelen esetben a befutott út nem egyébb mint az OB sugár által leirt körnek a kerülete; a t pedig egyenlő 24 óra vagy 24.60.60 másodperez s ezek alapján $c = \frac{2\pi OB}{24.60.60}$. A centrifugál erőnél pedig a p gyorsulás $= \frac{c^2}{R}$ tehát $\frac{4\pi^2}{T_{{}_{\prime\prime}}^{2}} = \frac{4\pi^2 OB}{T^2} = \frac{c^2}{R}$ és $OB = \frac{4\pi^2}{T_{{}_{\prime\prime}}^{2}} R \cos^2 \varphi$ mert OB a φ mellett levő befogó és igy egyenlő az átfogó $R \times$ a szög cosinusaval. $OB = \frac{4\pi^2}{T_{{}_{\prime\prime}}^{2}} R \cos^2 \varphi$.

Mint a számitások bizonyitják a $\frac{4\pi^2}{T^2} R \cos^2 \varphi = 3{\cdot}3$ cm.— A trigonometriából tudjuk, hogy valamely szög cosinusának a negyzete $= 1 -$ az illető szög sinusának a negyzete s akkor áll az hogy $OB = \frac{4\pi^2}{T^2} R (1 - \sin^2 \varphi)$. A kihozott eredményből tehát az tünik ki, hogy a centrifugál erő 3·3-el csökkenti a nehézséget a föld valamely pontján. Ez azonban csak akkor illana feltetlenül ha a föld valóban gömb alakú volna, de földünk nem gömb, hanem forgási elypsoid s ezen oknál fogva az előbb nyert eredmény 1·7 cm változik meg. A gravitatió miként az $\frac{M}{R^2}$ képletből kitünik annál kisebb minél inkább nagyobbodik az R^2 nevezőnek az értéke; ha például valamely h magasságra fölemelkednek a föld felett, akkor a $g_1 = f \frac{M}{(R+h)^2}$ / $g = f \frac{M}{R^2 + 2Rh + h} = f \frac{M}{R^2} \frac{1}{(1+\frac{h}{R})^2} = f \frac{M}{R^2} \cdot 1 + \frac{2h}{R} + \frac{h^2}{R^2}$. Az utóbbi $\frac{h^2}{R^2}$ tört oly kicsiny, hogy a szorzatból bátran elhagyható; a tört ugyanis annál kisebb lesz minél magasabb hatványra emelik, ha tehát például a $h = 1$ akkor $\frac{1}{R^2}$ végtelen kicsi számot fogadni s ennek folytán a $g = f \frac{M}{R^2} 1 + \frac{2h}{R}$ s $g = f \frac{M^2}{R^2}$ egyenletben azonban az f, vagyis a gravitatio constansa még határozatlan mennyiség s ezt a képletből pontosan kiszámítani nem tudjuk, mert még nem is merjük a föld tömegének a sürüségét. A föld tömegének közép sürüségét többen határozták meg különböző eszközzel s a nyert eredmények közelitőleg egyenlők voltak. Igy Coulomb csavarmérleg segélyével határozta meg s azt $5·48$-nak találta a víz sürüségéhez viszonyítva. Más kelyne Scotiának Schiallien nevű hegysége közelében fölállitván ingáját, azt tapasztalta, hogy az tetőirányos helyzetéből $45''$-nyi szögre tért ki, a mi határozottan a hegy tömeg vonzásának tulajdonítható; ebből kiszámította a föld középsürüségét s azt $4\frac{1}{2}$-$5\frac{1}{2}$-nek találta a víz sürüségéhez képest. Ezt tudva, most már meghatározhatjuk az f-et. $g = f \cdot \frac{M}{R^2}$ ebből $f = g \frac{R^2}{M}$, s mint a pontos számítás mutatja az $0·00000067$ cm. Valamely anyagból ha egy grammnyi tömeg 1 cm. távolságból hat egy más tömeg egységére, akkor az 67 ezer milliomod cm. sebességet fog ezen tömegnek kölcsönözni másodperczenként; minthogy azonban ezen f-nek az értéke végtelen kicsiny csak rendkivül érzékeny eszköz által mérhető le. Ily készülék a következő. Egy függélyes négyrészre felosztott gömbidomú doboz mely felett fonalra függesztett rudacska van vizintesen elhe-



lyezve melynek végét 100 gramm. ólommal terheljük meg; a dobozban pedig váltakozva 2-2 quadransba higanyt folyatunk, mikor is e folyadék a pálczikas kitérése optikai készülék segélyével észlelhető lesz.

A testek halmazállapota.

Vizsgáljuk ezek után azt, hogy mitől függnek a különböző testek alaki és térfogati viszonyai és hogyan állanak elő. Minden test a természetben különböző erőknek lehet alávetve, például a nehézség erőnek, a levegőnek stb. E testek bizonyos alakkal s térfogattal bírnak s ha az erők állandóan hatnak, akkor az alaki és térfogati viszonyok sem változnak meg. Mechanikai elvek alapján e dolgokat következőképen magyarázzuk meg: egy testre erők hatnak a nélkül hogy abban sebességváltozást létesitenének, vagyis az nyugalomban van, akkor kell tehát oly erőnek léteznie mely a külső erőket ellensúlyozza. Ezen erőről azt teszük fel, hogy az magában a testben annak részecskéi között működik ezeket összetartja; a külerők hatását pedig lerontván a test körül egyensúlyi helyzetet létesít. A részecskék között működő erő melyet belső erőnek szoktunk nevezni s a kivülről ható erők eredményezik tehát a különböző testek alaki és térfogati viszonyait.—

Halmaz állapot alatt azt a módot értjük a mely szerint a tömegrészek egy egészet képeznek.

Halmazállapotukat illetőleg a testek három félék lehetnek: szilárdak, cseppfolyósak s légneműek. Ezen megkülönböztetést már a közéletben is megszoktuk tenni; ha azonban pontosabban vizsgáljuk az egyenes testeket, akkor átmeneti alakokkal is találkozunk. Ilyen anyag például az anyag. A csekély számú kivételtől eltekintve oly élessek azonban a határok a halmazállapotok között, hogy ezek alapján egész könnyedén felismerjük a különböző jellegű testeket.

Szilárdaknak azon testeket mondjuk, melyeknek részeseit csak jelentékeny külerő által lehet elkülöníteni. Ezeknél tehát az alak és térfogatot változtató külső erők ellenében oly nagy belső erők működnek, hogy azoknak hatásait lerontják.

Cseppfolyós testeknél az alakváltoztató külső erők ellenében igen csekély az ellensúlyozó - belső erő. A térfogatot létesítő erő ellen azonban igen nagy belső erő hat s ennek az a következménye, hogy a folyékony testek önálló térfogattal birnak, alakjuk azonban nem állandó hanem függ azon edény alakjától, melyben a folyadék elhelyezve van.

A légneműek minden külső erő ellenében csak igen csekély belső erőt fejtenek ki azért sem önálló alakkal sem térfogattal nem birnak.

A szilárd testeknél fellépő alaki változások.

Ha valamely szilárd test magaviseletét tudni akarjuk, akkor első sorban a reája ható külső erőket kell vizsgálat alá vennünk. Az alak változtató erők általában kétfélék lehetnek. vagy olyanok melyek által megváltozik ugyan a testek alakja, de ha az erő hatása megszünik újra vissza nyerik eredeti alakjukat; vagy pedig olyanok, hogy hatásuk megszünte után a test már nem kapja vissza előbbi alakját. Az első változást rugalmasnak, az utóbbit rugalmatlannak nevezzük.-

A testek rugalmassága azonban csak bizonyos határig megy, ha ezentúl feszitjük a testet, már nem tér vissza előbbi alakjába A rugalmas alakváltozás arányos azon erővel mely azt okozza. Minthogy a testekre a különböző erők sokféle módon hathatnak azért az általa előidézett alakváltozás különböző lehet, melyek közül mi csak a főtypusokra fordithatjuk figyelmünket szolunk tehát a) megnyujtásról b) a hajlitásról s c.) a csavarásról.

Ha egy drótra pld. sulyt függesztünk, azt fogjuk találni, hogy a drót megfeszül s a suly hatása folytán megnyúlik. Az ilyen kifeszitett dróton két erő működik. a lefelé ható suly s a lefelé ható az anyagi részecsek köztlevő belső erő. E jelenség leirásánál a lineális szerkezet hosszabodását sem szabad figyelmen kivül hagynunk. A hosszabbodás arányos lesz a test hosszával mert minden részecskére ugyanazon huzó erő hat.

Jelöljük a test hoszát $\underline{l}$-el, a meg hosszabbodást $\underline{\lambda}$-val azon esetben $\frac{\lambda}{l}$ viszony adja a megnyúlást.

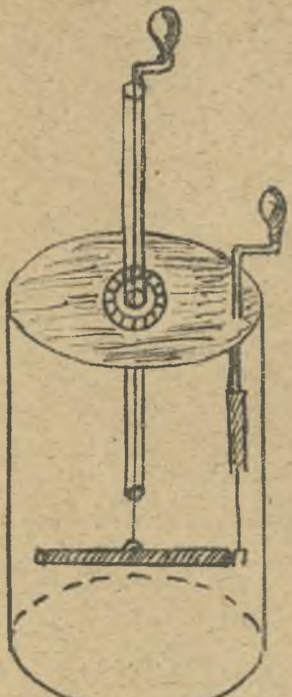
Azilyen kis keresztmetszetű testeknél mint a drót is behozhatjuk a feszültséget is.
Feszültség alatt a keresztmetszet egységre ható feszítő erőt értjük. Ha P a feszítő erő q a keresztmetszetet, akkor $\frac{P}{q}$ = feszültség = f. Most már nagyon könnyen kifejezhetjük a viszonyt a feszültség s a ruganyos erő között $\frac{A}{l} = \varepsilon f$.
Hogy valamely test hogyan viselkedik a feszítő erő ellenében, azt megtudhatjuk, ha ismerjük 1.) a rugalmasság határát 2.) a rugalmassági állandót az ℰ-on A s 3.) az absolut erőséget. Mi az ℰ-t mely a test rugalmas magaviseletét fejezi ki, rugalmassági állandónak nevezzük, némelyek a számításoknál ennek a reciprok értékét $\varepsilon = \frac{1}{ℰ}$-ont szokták használni s vagy ε-el jelölik.
A rugalmassági állandó absolut erőség a különböző fémekre meglett állapítva s táblázatokban összeírva:

Fémek.	ℰ	$\frac{1}{ℰ} = \varepsilon$	A megnyulás	A legnagyobb feszültség s a mely meg s rugalmas.	absolut erőség
Réz	12000	$\frac{1}{12000}$	$\frac{1}{1000}$	1.2 klg.	40 klg.
Vas	19000	$\frac{1}{19000}$	$\frac{1}{600}$	3.2 "	61 "
Aczél	21000	$\frac{1}{21000}$	$\frac{1}{500}$	4.2 "	71 "
Ólom	1800	$\frac{1}{1800}$	$\frac{1}{7200}$	0.25 "	2.07 "

Igy például: A közéletben azon testeket mondják rugalmasabbaknak, melyeknél kis erő segélyével jelentékeny alak s térfogat változást lehet előidézni.
Ezen felfogás azonban helytelen s pedig azért, mert a rugalmasság határát összetévesztik a legnagyobb rugalmassággal.

Igy például a kautsukot a közéletben nagyon rugalmasnak tartják, mert rugalmassági határa nagy és azon szélső pont honnan a részecskék még képessek eredeti helyzetükbe visszatérni. Az ólomot nem is tekintik rugalmasnak a közéletben, mert rugalmassági határa igen kicsiny mint láttuk 0'25- A rugalmasság egyike azon jelenségeknek, melyek eddig elé tökéletes megfejtést még nem nyertek, mert ha valamely erő meg is szünik müködni, annak hatása még sokáig tart és sok időbe telik míg a test eredeti alakját ujra felveszi. Régenten ezen jelenségek csak kivétel szerepeltek s rugalmas utóhatásnak nevezteték. A megszünt erők utóhatásainak kimutatására például hozták fel a selyem szálat, mely a reá erősitett súlytól megszabaditva egy év alatt is alig foglalja vissza első állapotát.

A csavarás akkor jön létre, ha valamely test mentében két erő müködik, melyek ellenirányu forgást iparkodnak létesiteni. Ezen alakváltozás a csavarásnál létesülő szöglet által lesz kifejezve, mely szöglet arányos a test hosszával. Hogy a test hossza s a csavarási szöglet között csakugyan van arányosság, ezen arányosság arról a csavar mérleg segélyével győződhetünk meg. Tudjuk a testre müködő erők arányban állanak a csavarási szöglettel s így a forgási momentum szinten, arányos a csavarási szöglet s a csavarási szöglettel c w = a csavarás szöglet s a csavaró erő arányos KP- vel a forgási momentummal vagyis cw = KP. Hogy a csavarási szöglet s az erő közötti viszonyt ismerjük, annak nagy hasznát vehetjük, mert ez alapon oly mérő eszközt létesithetünk, melynek segélyéjvel még a miligrammnak tört részeit is kimutathatjuk.

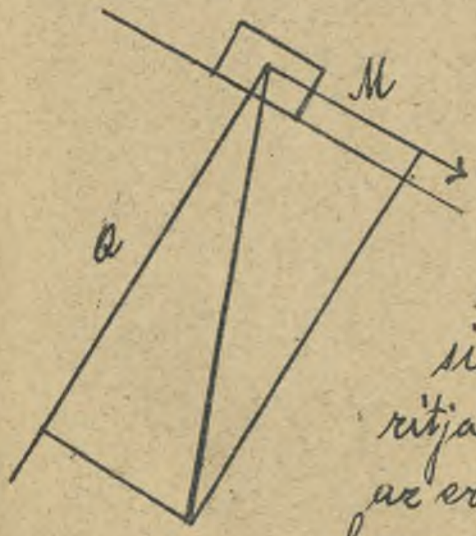


Különösen ott nyernek alkalmazást az ily féle eszközök, hol a nehéz mérleget nem használhatjuk, például a delejes s elektromos erők leméresénél. Csekély mágneses erő meghatározására legelőnyösebb Culomb csavar mérlege, melynek lényeges részét egy ruganyos fonál s arra függesztett mágnesrúd képezi. Kísérletezés alkalmával a köralakú edény felső részéről egy delejes tárgyat bocsátunk a mágneshez akkor ez mozgásokat fog végezni mert az egyik delej vonzólag v. taszítólag fog hatni a másikra. A helyzet változással egy idejüleg a fonál meg fog csavarodni melynek nagyságából a kihozott egyenlet alapján könnyen kiszámíthatjuk a mágneses erőt. Az ilyen szerkezetek valamely erő hatása alatt lengéseket végeznek, melyek ugyanazon törvénynek hódolnak mind az inga mozgása. Az inga lengési ideje mint tudjuk $T=\pi\sqrt{\frac{K}{Mgs}}$. hol $\underline{K}$ a tehetetlenségi momentumot, $\underline{Mgs}$ pedig a forgási nyomatékot jelenti; A $\underline{K}$ a csavarási mérlegnél is megmarad, a forgási nyomatékot azonban úgy fejezzük ki, mint a csavarási szöglettel a ruganyos mennyiséget, $\underline{Mgs\vartheta}$ ha $Mgs=f$, akkor a csavar mérleg forgási nyomatéka $\underline{f\vartheta}$. Az ingánál a lengési idő $T=\pi\sqrt{\frac{K}{Mgs}}$ itt $=\pi\sqrt{\frac{K}{f\vartheta}}$, ha $\vartheta=1$ akkor $T=\pi\sqrt{\frac{K}{f}}$. A T képletéből most könnyen megállapíthatjuk f-nek az értékét. $T^2=\pi^2\frac{K}{f}$ ebből $f=\frac{\pi K}{T^2}$.

Általában minden rugalmas alakváltozásnál a rugalmassági erő hatása alatt rezgő mozgások jönnek létre, melyek azonosak az inga lengésével. Míg azonban az ingánál a kihozott tételek csak akkor érvényesek ha a kitérés kicsiny, addig itt akkor is használhatták, ha a csavarási szöglet nagy. A csavarmérlegnél tehát az egyensúly helyre áll akár milyen nagy kitérés után is, míg a test rugalmas s azért az itt fellépő mozgások periódikusak s izochronak, fő adatuk az idő, mely alatt a mozgás végbe megy. – A szilárd testekre vonatkozólag említést kell még tennünk a súrlódásról is.

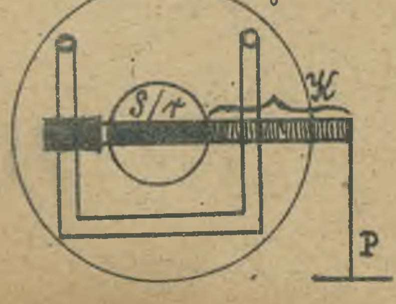
A <u>surlódás</u> Ha valamely szilárd test felületén történik a mozgás, akkor e közben oly erő fog fellépni, mely a testek mozgását akadályozza. Azon erőt mely a testek mozgatásánál az elmozdulások ellenében működik, surlódásnak neveztetik. A mozgás közben fellépő surlódás függ a nyomó erő nagyságától és a felületek minőségétől. Hogy tehát a surlódó erőt meghatározhassuk, ismernünk kell Q-t a nyomó erőt s surlódási állandót, mely azt fejezi ki hogy a surlódás hányad részét képezi a nyomó erőnek. Ezen együtt ható az egyes anyagokra nézve állandó s csak a nyomó erőtől függ. S – a surlódás tehát egyenlő <u>sQ</u> $S = sQ$. A kihozott képletben a mint látjuk a felület nagysága nem szerepel ez tehát a surlódásra semmi befolyással nincs, a mi nagyon is természetes, mert ha például egy deszkát akár lapjával akár élével mozgatjuk a nyomó erő s ez alapon a surlódás mindkét esetben ugyanaz marad. –

A surlódási állandó több testre nézve lett megállapítva, így ha vas, vason csuszik akkor s- 0 14: ha réz tölgyfán mozog azon esetben s = 0.60. Ezen számok azt jelentik, hogy ha pld. 100 klg rezet helyezünk valamely tölgyfa deszkára akkor ennek mozgatására 60 klg erő kivántatik, 100 klg vasat ellenben valamely vas lemezen 100 klgr erővel képesek vagyunk mozgatni. A felhozott példából kitünik az is hogy a surlódási együttható sokkal kisebb egynemű, mint különnemű tárgyak között.—



Ha lejtön mozgatunk valamely testet, akkor a nyomó erőt a test nehézsége képezi, mely két összetevőre bomlik. A lejtő hosszával párhuzamosan haladó erő a lejtő mentében mozgásokat iparkodik létesíteni, a másik pedig a mely a testet a lejtőhöz szorítja a lapot törekszik eltolni. Mozgásokat az erők jelen esetben akkor létesitenek, ha a lejtő mentében működő erő egyenlő lez a súrlódással M-el jelölve ezen erőt ha <u>1Q = M</u> akkor lefelé fog a test mozogni. $sQ = M$ egyenletből az $s = \frac{M}{Q}$ A súrlódás kisebbitése végett a felületeket megszoktuk kenni, mi által a mélyedéseket betöltjük, vagy pedig csiszoljuk s ekkor a kiemelkedéseket távolitjuk el. Minthogy a surlódás kisebb ha gurítjuk a testet azért oly esetekben, hol aránylag nagy surlódás létesül, ennek csökkentésére forgó kerekeket használunk. Némely-

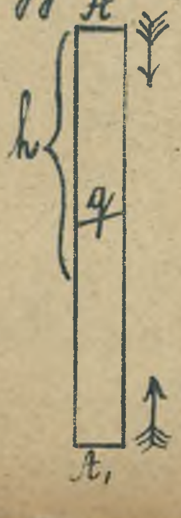
kor előnyös reánk nézve, ha a súrlódást csökkenthetjük, sok esetben azonban oly fontos ez a jelenség, hogy nélküle mozgás nem is jöhet létre. Például a lokomotiv csak akkor indíthatja meg a vonatot, ha a kerekei s a vasut közötti súrlodás nagyobb mint a vonat ellenállása; könnyű gőzmozdonyokat, hogy a súrlódás annál nagyobb legyen meg kell terhelni.
Forgó mozgásnál rendesen azért kisebb a súrlódás mint a sima lappal való csúsztatásnál, mert a gördülésnél nem kell az érintkező felületek érdes részeit erőszakos úton letörni, hanem forgatás által kiemelhetjük azokat az alant fekvő lap mélyedéseiből. A súrlódásnál végzett munkát úgy kapjuk meg, hogy a súrlódást az úttal megszorozzuk. A munka az időtől teljesen független. A munka végzés módjának megitélésénél, a munka végzés sebességét is tekintetbe kell vennünk. <u>Az időegység alatt végzett munka adja a munka végzés sebességét, melynek mértékegységül a lóerőt használjuk.</u> Lóerő alatt oly erő mennyiséget értünk, mely 1" alatt 75 klg képes 1 m. magasságra fölemelni. Az ily erő munkája az időegység alatt aztán egyenlő lesz. 1 m x 75 klg. vagyis 75 m klg. A munka végzés sebessége tehát 75 klg méter másodperczenkint. A gépek készítésénél tekintettel vagyunk az idő-egysége alatt végzett munkára melynek meghatározására jó módot szolgáltat a súrlódás. A súrlódás meghatározására legalkalmasabb eszköz a Prani féle dörzsfék, hol két fadarab segélyével kisebbíthetjük vagy nagyobbíthatjuk a súrlódó erőt. Ha a súr-



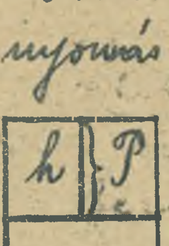
lódás nagyságát S-el jelöljük akkor egyszeri körül forgásnál, minthogy az út a kör kerülete vagyis $2r\pi$ a végzett munka $= \underline{2r\pi S}$. Ha a forgások száma $\underline{n}$ akkor a munka $= 2r\pi Sn$. Az S értékének meghatározásánál oly képen járunk el, hogy az erkört tengelyre helyezzük mint a mérleget. Ha most a csészébe valamely P súlyt teszünk, mely a súrlódással egyensulyt tart, akkor a mérleg törvenyeinek értelmében a forgási nyomatékoknak egyenlőknek kell lenniök. $Sr = PK$, ebből $S = \frac{PK}{r}$ ezt a munka képletében helyettesítve kapjuk hogy a munka $= \underline{2r\pi\, K P n}$ A $\underline{2\pi K}$ azon körnek a kerülete melyet a $\underline{K}$-hoz forgása közben leir. Például legyen valamely döcrsgépnél a forgások száma $n = 470$, $P = 100$ grmm. $K = 25$ cm. A végzett munka $= 2\pi\, 25 . 100 \times 470$. Munka $:= [\,0{\cdot}25 \times 2\pi = 1{\cdot}6\,m.\ 2\pi K = 1{\cdot}6\,m.]$ Munka $= 1.6\ m \times 100 \times 470$ n számú forgása. A 470 forgást egy percz alatt végezte a szerkezet s igy $1''$ alatt $n = 7.8$ akkor a munka egy másodpercz allatt $1.6 \times 7.8 = 100$ grmm $= 16 \times 7{\cdot}8 \times \frac{1}{10}$ klg $= \underline{1{\cdot}2\,m\ kg}$. Az időegység alatti munka vagyis a munka végzés sebessége 1.2 kg m. vagy lóerőben kifejezve $\frac{1}{60}$.—

A csepp folyós testek mozgás és egyensúlyi viszonyairól.

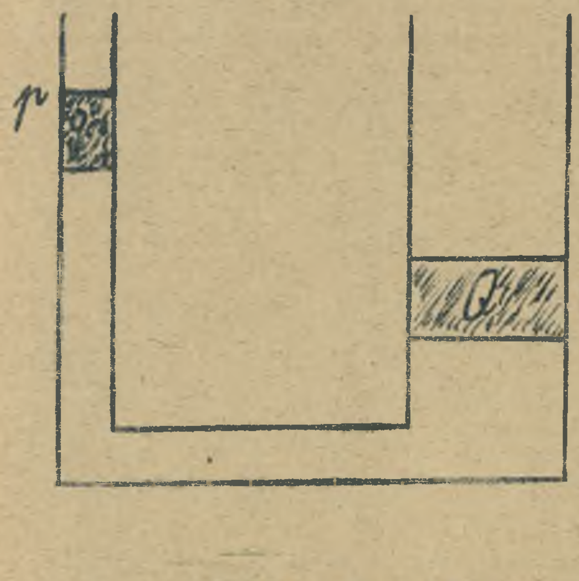
A különböző halmazállapotú testek általános jellemzésénél említettük már, hogy a folyékony testek az alakváltozás ellenében igen csekély erőt fejtenek ki, de annál jobban küzdenek a térfogat megváltozása ellenében. A folyadék egyensúlyi viszonyainak meghatározásánál ismernünk kell azon erőket, melyek a folyadékra hatnak. Az erők melyek valamely folyadék felületén működnek, csak a térfogattól s nem az alakváltozástól s így a nyomott felületre egyenletesen fognak hatni. Ha a nyomó erőt P-el a felületet f-el jelöljük, akkor a felületre ható $P=fp$. A nyomó erőtől lényegesen különbözik a nyomás, mely nem más mint a felület egységre gyakorolt nyomó erő s p-vel jelöltetik. A nyomás és a nyomó erő között oly viszony áll fenn, mint az elmozdulás s a sebesség között. A $P=fp$. egyenlet értelmében tehát a nyomó erő egyenlő a nyomás szorozva a felülettel.– A nyomás tekintetbe vétele mellett a folyadékoknál igen egyszerű viszonyokat kapunk, mert ha ezt ism , akkor egyszersmint a nyomó erőt is meghatározhatjuk, a nyomás a felület rovására növekszik, mert minél kisebb ugyanazon nyomó erő mellett a nyomott felület annál nagyobb lesz a nyomás. A folyadékoknál a nyomásra vonatkozólag igen fontos elvet állított fel Pascal, mely utánna Paszkal féle tétel neveztetik; ennek értelmében, a nyomás egy folyadék belsejében az iránytól független, az az bármely irányban fektesünk is egy ponton keresztül valamely síkot, a nyomás mindenütt ugyanaz lesz, s egyensúlyt tart.–



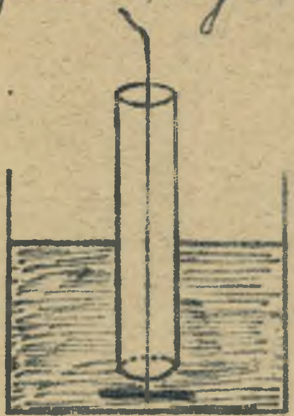
Ezek után lássuk azt, hogyan változhatik a nyomás valamely folyadékban. Ennek kimutatására tekintsünk egy oly folyadék részt mely oszlop alakú; legyen ennek h, kereszt metszete q mely igen kicsiny a jelen esetben. Az egyensúlyi viszonyok megállapításánál, a folyadékra ható erőket kell ismernünk. Itt működik elő-kör a folyadék oszlop nehézsége függélyes irányban lefelé. $q \cdot h$ = a folyadék térfogatával, ha ezt megszorozzuk s-el a sürüséggel kapjuk a tömeget; $q\,h\,s$ a nehézség gyorsulásával g-vel adja azon erőt, mely a folyadékot lefelé szorítja. A lefelé ható erő tehát $= q\,h\,g\,s$. Ezen erővel egyensúlyt fog tartani egy oly erő, mely nagyságra nézve egyenlő a nehézséggel, de ellentett irányú. Jelezzük a nyomást az A pontnál p-vel, az A_1 pontban p_1-el akkor a nyomás vagyis a felület egységre ható nyomó erő fönt $q\,p$, az ellentett végen $q\,p_1$; E kettőnek különbsége adja azon többletet, mely a testet lefelé nyomja. $q\,p_1 - q\,p = q(p_1 - p)$ vagy q-val röviditve az egyenletet $h\,g\,s = (p_1 - p)$. A nyomás változás tehát arányos a magassággal a folyadék sürüségével s a nehézség gyorsulásával. Oly folyadék oszlopot véve tekintetbe, a mely vízszintes síkban fekszik ennek egyensúlyban kell maradnia a rá ható erők miatt. – A nehézség erő ugyanis mely erre az oszlopra működik 0-al egyenlő. Ezzel egyensúlyt tart egy egyenlő nagyságú de ellentett irányú erő és így kell, hogy e kettőnek eredői is 0 legyen. Egy és ugyanazon folyadéknál tehát ugyanazon vízszintesben fekvő pontokra a nyomás egy és ugyanaz. P pontra p.o. a nyomást ez $n \times h\,g\,s$ fejezi ki.



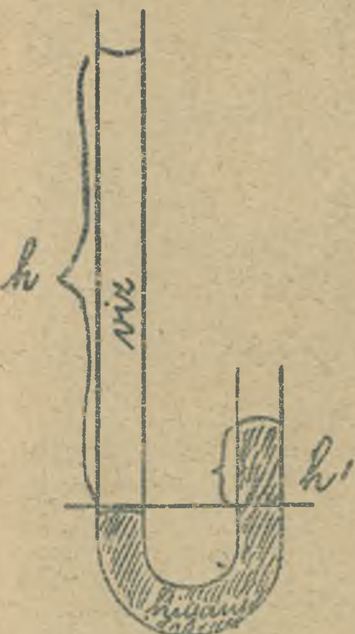
Micsoda viszonyban áll a nyomás a nyomó erővel: Ezt a Brahma féle sajtóval mutatjuk ki. – A Brahma féle sajtó egyszerü gép melynél valamely erövel egy ellenirányu erö ellenében elmozdulásokat lehet létesiteni sebesség vál-tozás nélkül.. A Brahma féle viz sajtó nem egyébb mint egy közlekedö edény melyeknek egyike nagyobb kereszt metszetü a másiknál. Mindakettöben dugattyu mozoghat fel és alá légmentesen.- Ha a kis dugattyut lefelé nyomjuk, a viz a tágabb hengerbe tódul, ott a dugattyut felemeli és a nyomás megint egyenlö lesz. Az egyik hengerre



vonatkozólag a nyomó erö qp a másiknál Qp' ez utóbbinál annyiszor nagyobb a nyomó erö mint a másik-nál, a hányszor a nagy (Q) ke-resztmetszete nagyobb a kis (q)-nél. Jelöljük a qp-t egyszerüen nagy P-vel a nagy Qp' pedig legyen egyenlö nagy R-el, akkor az egyensúly viszonyai között történvén az elmozdulás, az erö és a teher munkája egyenlö lesz, vagyis az utak fordítva arányla-nak az erökhöz — Képletileg $\frac{R}{P} = \frac{P \text{ nek utja}}{R \text{ nek utjával}}$ — Mikor a kis dugattyut letoltuk, kis h utat tett meg, ugyanek-kor a nagy dugattyu - kis h_1-el emelkedett és igy $\frac{R}{P} = \frac{h}{h_1} = \frac{Q}{q}$ Mint emlitettük a nyomás nagysága egy és u-gyanazon vizszintesben csak a folyadék oszlop magasá-gától függ melynek meghatározásánál semmi tekin-tettel sem vagyunk az edény alakjára. Ebböl az következik, hogy a nyomó erő melyet valamely folyadék tömeg az edény fenekére gyakorol, nem egyenlő a folyadék nehézségével, hanem a felület szorozva a nyomással. – Ezt oly edénynyel lehet kimutatni, melynek alját elválasztható üveglap képezi. – Mihelyt a henger alaku edényt vizbe mártjuk, az alapot tartó fonalat el lehet ereszteni és a fenék nem esik le, mert a folyadék alulról fölfelé nyomja. Ha a hengerbe vizet öntünk, a fenék saját súlyánál fogva le esik mihelyt a viz a

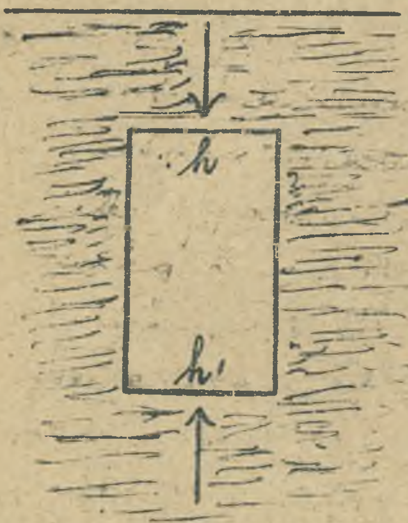


és az edényben s a hengerben egyenlő magasságban áll: Akkor ugyanis az alapról ép oly magas vizoszlop nyomja le mint fölfelé, e két nyomás tehát egymást egyensúlyban tartja. Ha valamely edényben, a melynek keresztmetszete jó nagy, csak egy folyadék van, ez a reája ható erők hatása alatt nyugalomban lesz és vizszintes felülettel fog birni; de ha a folyadékot tartalmazó edény keresztmetszete kicsiny, a folyadék fölszine homoru, vagy domboru lesz, a szerint a mint a folyadék kisebb vagy nagyobb sürüséggel bir. [Ennek okát később a capillaritásnál fogjuk adni.] Ha különböző folyadékok, melyek egymással valamely edényben érintkeznek, egyensúlyban vannak, akkor az általuk gyakorolt nyomásnak is egyenlőnek kell lennie, vagyis a két folyadék sürüsége, magassága, gyorsulása egyenlők egymással. Vegyünk p.o. hogy u" alakulag meggörbült csőben h magasságú higany oszlop egyensúlyt tart, egy nagyobb h_1 magasságú víz-



tömeggel, akkor az egyensúly következtében a két folyadék által gyakorolt nyomás is e-gyenlő lesz egymással vagyis gs_1h' e-gyenlő ghs-el. Az egyenlet mindkét oldalán g mint közös szorzó fordul elő és így el is hagyható, marad tehát, hogy $h_1 s_1 = hs$-el. Ezen szorzatot aránylatba állítva, h úgy fog viszonylani a h_1-hez valamint az s_1 viszonylik az s-hez $\frac{h}{h} = \frac{s_1}{s}$ a mely aránylat azt fejezi ki, hogy a <u>két folyadék oszlop magassága viszás a-ránylban áll a sűrűségekkel</u>. Ezen adatokból képesek vagyunk valamely folyadéknak sűrűségét meghatározni, de mindig egy más folyadékhoz viszonyítva. A viszonyos (relatív) meghatározásánál rendesen a vizet szokták egységül venni. Az eszközölt kísérletek azt bizonyítják, hogy 7 cm-nyi magas higany oszloppal 96 cm. magasságú víz tömeg tart egyensúlyt. Ezen számokat a fölvett példára vonatkoztatva, $h_1 = 96$ a $h = 7$. A $v = \frac{s_1}{s}$ egyenletbe behelyettesítve, a nyert adatokat kapjuk, hogy 96 úgy fog viszonylani a 7-hez valamint s viszonylik az 1-hez. Az s a higanynak a sűrűsége, melynek értékét az aránylatból kiszámíthatjuk, úgy hogy a két kültag szorzatát elosztjuk az ismert beltaggal. $s = \frac{96.1}{7} = 13.7$.

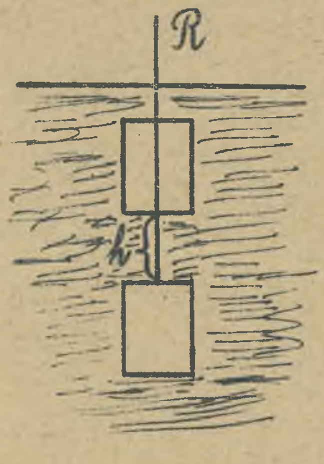
Lássuk már most azt, micsoda erőket gyakorol valamely folyadék egy oly testre, a melyet egészben vagy részben körül vesz.– Ezen testre hat két oldalból a folyadék nyomó ereje, mely oldal erők 0 eredőt fognak adni, mert egymással szemben levő felületeken ugyanolyan nagyságú, de ellenkező irányú nyomást gyakorolnak, melyek egymás hatását teljesen megsemmisítik. Az oldal lapokra irányuló erőkön kivül még két más erő működik, nevezetesen egy a mely a felső lapra, a másik pedig az alsó lapra gyakorol hatást.– A



felső lapra gyakorolt nyomás $\underline{hgs}$; a nyomó erő pedig $\underline{ghgs}$. Az alsóra nézve $\underline{h_1 sg}$ adja a nyomást, $\underline{gh_1 gs}$ pedig a nyomó erőt.– Ezen két erő közül ez az alulról ható nagyobb a másiknál, és azért a nyomások az eredője fölfelé irányuló erő lesz, a mely minthogy a testet fölfelé nyomja, felhajító erőnek neveztetik. Ennek nagyságát meghatározhatjuk, ha a két nyomó erőnek különbségét veszszük.– $gh_1 sg - ghsg = (h_1 - h)\,gsg$.– Ezen különbség, mely nem más mint a felhajító erő, ez egyenlő a folyadéknak súlyával, melyet az oszlop a helyéből kiszorított. Ezen tétel érvényes lesz, nem csak oszlop hanem bármely alakú testre nézve is.– Pld. ha gömbidomú testet mártunk valamely folyadékba, akkor az is hódolni fog az imént megállapitott törvénynek; csupán a felhajító erő meghatározására foglal magában némi nehézséget, mert csak bonyadalmas összetételek által állapíthatjuk meg. Tekintsük már most azt, hogy minő hatást gyakorol a felhajító erő a test súlyára, mely azt ellensúlyozni ipar–

kodik. – A folyadékban a testnek súlya nem lesz oly nagy, mint a levegőben, mert a felhajtó erő annyit vesz el belőle, mint a mennyit maga ér. – Ez a Archimedes féle elv, mely szerint, valamely testnek súly vesztesége a folyadékban akkora mint a helyéből kiszorított folyadék tömegnek a nehézsége. –

Ha egy testet folyadékba helyezünk úgy hogy azt egy fonálra függesztjük, erre egy bizonyos nagyságú erőt kell alkalmaznunk, mely azt fenntartja. – Jelöljük ez R-el és keressük ennek a nagyságát. Ha a testet pl. h magasságra emeljük föl, akkor a nehézség ellenében végeztünk munkát és ezért negativ lesz. – Az elmozdulás közben végzett munkának



0 - kell egyenlőnek lenni egyensúly esetén. Midőn a testet h - magassággal feljebb emeltük, bizonyos munkát végeztünk, ez után azonban ismét egyensúlyi állapot jön létre és ennek következtében $Rh - Ph$ végzett munkának 0-val kellene egyenlőnek lennie, ha légüres térben térben történt az elmozdulás: akkor egyszersmind R egyenlő volna P-vel, vagyis a test nehézségével. Itt azonban a folyadékban történt elmozdulás; a mely alkalommal nem csak a nehézség erő ellenében lett munka végezve, hanem a folyadék is megváltoztatta helyzetét, és a test helyét egy vele egyenlő nagyságú folyadék tömeg foglalta el melynek mozgása lefelé is rányuló és így positiv munkát végzett. Ezen munkára, melynek nagyságát úgy kapjuk meg, hogy ha a testtel egyen-

lő térfogatú folyadéknak a súlyát Q-t h-val szorozzuk, erre tekintettel kell lennünk, mert az $\overline{R}$ nagyságát változtatja.– Egyensúly esetén tehát $\underline{Rh} - Ph + Qh = 0$ és ebből $R = P - Q$.– A mint látjuk a testet fentartó erő egyenlő a test nehézségével, kivonva belőle a vele egyenlő térfogatú folyadéknak a súlyát.–
Az eddigiekből is kitűnik, hogy valamely folyadék által körülvett test alapjára nagyobb erő gyakoroltatik mint tetőlapra. A nyomások folytán származó felhajtó erő megállapítja azon mechanikai viszonyokat, melyek egy folyadékba mártott testre vonatkoznak. Ha a test nehézsége nagyobb mint a felhajtó erő, akkor a folyadékban esés fog előállani. Ha pedig a felhajtó erő nagyobb mint a nehézség, akkor a testet lefelé fogja szorítani. P.o. egy fadarabot vízbe dobva ez lefelé fog mozgásokat végezni, a melyek folytán a test a felszínen lesz, de nem emelkedik ki egészen, hanem egyensúlyba jön a folyadéknak egy oly részében, a hol a nehézség a felhajtó erővel éppen egyensúlyt képes tartani.
Ha felhajtó erő egyenlő a testnek nehézségével, akkor előáll az úszás jelensége. Az úszás tehát oly egyensúlyi állapot melynél a felhajtó erő vagyis a helyéből kiszorított folyadék nehézsége egyenlő az úszótest nehézségével. A miket eddig elé a folyadékokra megállapítottunk, mindezeknek jó hasznát vesszük majd a gázok tárgyalásánál mert azon viszonyok, melyek a nyomások szempontjából elő jönnek, a légneműeknél ép oly szabályok által lesznek megszabva, mint a csepfolyós testeknél.–

XIII

A folyadékok sűrűségének meghatározása.

Sűrűségnek nevezzük az anyag eloszlásának azon mértékét melyet a térfogat egységnek tömege ad. Egy testre p. a. s-el jelölve a sűrűséget ennek mértékéül a térfogat egység tömege fog szolgálni. Leggyen valamely testre vonatkozólag a sűrűség egyenlő s; a tömeg m, a térfogat v; jelentse ezen adatokat egy másik testnél s_1; m_1; v_1; akkor $\frac{s}{s_1} = \frac{\frac{m}{s}}{\frac{m}{s_1}}$ ebből $\frac{s_1}{\frac{m_1}{v_1}} = \frac{m}{v}$. Ha $m_1 = 1$, $v_1 = 1$, akkor az $s = \frac{m}{v}$-vel, vagyis a sűrűség egyenes arányban áll a tömeggel és fordított viszonyban a térfogattal. – A sűrűség mint látjuk függ a C G S rendszertől. – $s = \frac{m}{v}$, ebből az $m = sv$. Ezen sűrűség, a melyet közvetlenül a test tömegéből és térfogatából állapítunk meg absolut sűrűségnek neveztetik. – A chemikusnak nincs szüksége a tömeg absolut ismeretére ezeknél tehát oly sűrűség vétetik tekintetbe, mely relativ értéket szolgáltat. Ennek megállapítása az anyag ismertetésénél igen előnyös, mert meghatározható függetlenül a C G S rendszertől. Rendesen a vízhez viszonyítva szoktuk valamely anyagnak a sűrűségét kimutatni, a melyet relativ sűrűségnek nevezünk. – A relativ sűrűség tehát nem egyébb mint a két sűrűségnek a viszonya; ez általánosságban σ-el jelöltetik. – Ha az egyik anyagnak a sűrűsége $s = \frac{m_1}{v_1}$, akkor $\frac{s}{s_1} = \sigma = \frac{\frac{m}{v}}{\frac{m}{v_1}}$. Ha $v_1 = v$, akkor $\sigma = \frac{m}{m_1}$. Ezen egyenlet értelmében a relativ sűrűség alatt két, egyenlő térfogatú test tömegének a viszonyát értjük; vagy a vízre vonatkoztatva a test tömegének a viszonyát, a hason térfogatú víznek tömegéhez.

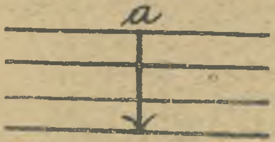
Fajsúlynak nevezzük a térfogat egységnek a súlyát.

Ha a relativ sürüség definotioját ismerjük, akkor ezt bármely testre nézve könnyen meghatározhatjuk. Pl. valamely testnek a súlya a levegőben 54 gr. vizben 49 gr., súlyvesztessége tehát 5 gr. 54:5=10·8 a mely szám az illető testnek viszonyos sürüségét fejezi ki.
A folyadékok sürüségének megmérése több féle eszköz szolgál, ilyen a többek között a Westfal mechanikustól külön e czélra berendezett mérleg, melynél sulyegység gyanánt valamely testnek vizben szenvedett súlyveszteségé használtatik. - A sürüség meghatározására szolgálnak továbbá az areometerek, azon elven alapulva, hogy a test valamely folyadékban addig merül alá, mig az úszása közben kiszoritott folyadék saját sulyával nem lesz egyenlő. Gyakorlati kisérletnél oly alakot adunk az areométernek hogy csekély bemerülésnél jelentékeny hosz elmozdulást létesitsen. - Az eszköz annál érzékenyebb lesz, minél kisebb a keresztmetszete. Hogy az ilyen csőalakú szerkezet hosz elmozdulása az elmozdulás nagyságát jelezze, szükséges, hogy függélyessen álljon és azért a végére valamely súlyosabb anyagot kell függeszteni. A bemerülésnél közvetlenül olvassuk le a sürüséget. Az areométer osztályozása oly módon történik, hogy valamely ismert sürüségü folyadékba mártjuk és megjelezzük a bemerülés pontját. - Ezen eszköz igen el van terjedve, különössen akkor használjuk, ha valamely folyadékban egy benne foglalt anyagnak százalékos mennyiségét akarjuk megtudni. Ezen czélra az úgy nevezett százalékos sürüség mérőket alkalmazzuk. -

A capillaris tünemények.

A csepp folyós testek egyensúlyi viszonyainak tárgyalásánál a folyadékot olyannak tekintettük, mint a melyben az egyes folyadék részecsek egyensúlyban vannak és ezekre csak a nyomó erő hat. Mindaz a mit a nyomás viszonyokra megállapitottunk, érvényes lesz a folyadék belsejére; de ha a folyadék fölszinét veszük tekintetbe, ott már eltérő jelenségekkel találkozunk. – Különösen szük üregü edényeknél áll ez, a melyekben a folyadék fölszine nem lesz vizszintes, hanem homorú vagy domború. – Az ilyen edényekben előforduló eltérések capillaritás neve alatt ismeretessek. – A mi ezen jelenségeket illeti, ezek némely esetben egyszerűek, máskor complicáltabbak; mi a nélkül, hogy minden egyes folyadékra vonatkozólag külön vizsgálatot eszközölnénk és külön állapitanók meg az alaknál és fölszinnél netalán előforduló eltéréseket, mind járt egy elméletből fogunk kiindulni. Ennek értelmében a folyadék alakja eredménye azon erőknek, melyek a folyadék részecsek között oly kicsiny távolságban hatnak, hogy többé le sem mérhetők. – Ha a P. pontot egy golyóval veszük körül, melynek sugara kicsiny, de lemérhető, akkor erre a folyadék cseppre, a gömbön kivül levő erők nem hathatnak,

csakis azok a melyek belül vannak; ezek azonban eredőt nem adhatnak, mert ha egyik vonzást gyakorol a P.-re fölfelé a másiknak is vonzania kell P pontot de ellenkező irányban. A jelzott pont tehát, minthogy reá két egyenlő nagyságú, de ellenirányú erő hat, a folyadék belsejében fog maradni. A folyadék felületén már a viszonyok módosulni fognak, mert a gömb egyik más közegben t.i. levegőben van, ez tehát nem lesz folyadékkal ki töltve, és azért az alsó félgömb nagyobb erőt fog gyakorolhatni a folyadék tömegére, mint a másik.– Azon erő, mely a felületre hat befelé számítva mindig kisebb változásokat fog szenvedni.– Említettük azt, hogy a folyadék részecsei között oly erők működnek, melyek végtelen kicsinységüknél fogva le nem mérhetők, ezek a folyadék belsejében eredőt nem

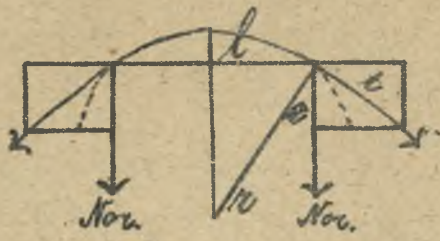


adnak, a folyadék felületéhez közel azonban már igen, mely eredő annál nagyobb lesz, minél közelebb fekszik az erők hatása alatt levő folyadék pont a felülethez.– A nyomás tehát folyton változik és pedig nagyobb a fölszintől számítva befelé bizonyos rétegig, azóntul azonban állandóan megmarad.– Ezen nyomásokat azonban mi nem észlelhetjük közvetlenül, mert mi csak a nyomás különbségeket vizsgáljuk, ezekből pedig magát a nyomás meg nem határozhatjuk. Ha a nyomás a fölszintől számítva befelé bizonyos határig folyton nagyobbodik, akkor a folyadék sűrűségében is változásnak kell előállania.– Ennek az a következménye van, hogy a folyadékot olyannak tekintjük, melynél a sűrűség kivülről befelé kisebbedik, arra hogy egy felületi réteg alakuljon, negativ munkának kell létesülnie.– A folyadék belseje tehát a felület nagyobbításánál negativ munkát végez, mely minden egyes távolsággal változik.– Ezen munka függ a folyadék hőmérsékletétől is és a terület egységre $\underline{C}^2$ általánosságban f-el jelöltetik

Ha az erők a felületet kisebbiteni iparkodnak, akkor positiv munkát végeznek. A folyadékokban általában meg van a törekvés a felületet kisebbiteni. Vegyük pl. azt az esetet, hogy egy folyadék fonálnak hossza l meghosszabbodása h, akkor munkája egyenlő $f\,l\,h$. ugyanazt az eredményt kapjuk akkor is, ha azt a feszitő erőt veszük tekintetbe, mely a folyadék felületét nagyobbitani iparkodik mert ez is egyenlő $f\,l\,h$-val.-

Ha egy homogén folyadékban usztatunk valamely testet, akkor annak minden egyes részére fog hatni a feszitő erő, mely azt a elhúzni iparkodik, minthogy azonban az ellenkező oldalra ható feszitő erők egyenlők egymás hatását le fogjuk rontani, vagyis a test nyugalomban marad, ha azonban a folyadék felületén ezen feszitő erőt megváltoztatjuk úgy uszás fog beállani. Ennek kimutatására egy kis uszót használunk, ha ezt higanyra helyezzük, hol egyenlő feszültségnek van kitéve akkor nyugalomban fog maradni, ha azonban a higany felületére higitott kénsavat és az egyik oldalra chromsavas kálium ot öntünk, akkor a higany oxidálódni fog és az úszó a nagyobb feszültségü oldallal ellentett irányban fog mozogni.- Ugyanezt létesithetjük electromos árammal is, a midőn az uszás a hidrogén kiválása irányában történik.-

A folyadék felülete mint emlitettük a rendestől eltérőleg homorú, vagy domború lehet. Vizsgáljuk azon erőket, melyek ezen felületi alakváltozást létesitik.- Vegyünk tekintetbe először olyan részt mely kör alakú.- Az egyik oldalon úgy mint a másikon müködik feszültség az érintők



irányában, ha ezeket összetevőkre bontjuk csakis azok fognak működni, a melyek lefelé működnek. Ezeknek eredőjét, a normális irány összetevők fogják adni.— Az egész feszítő erő, minthogy a sugár itt l egyenlő lesz $2\pi l f$.— $\frac{e}{f}=\frac{l}{r}$ és ha ezt a feszítő erő képletébe visszük, kapjuk, hogy ez egyenlő $2\pi l\frac{l}{r}\cdot f=\frac{2\pi l^2 f}{r}$.— Ez úgy hat mint a nyomó erő, a melyből a nyomást megkapjuk ugy, ha a felülettel osztjuk. A felület a jelenextben πl^2 és így a nyomás egyenlő $\frac{\frac{2\pi l^2 f}{r}}{\pi l^2}=\frac{2f}{r}$ A nyomást a mint látjuk a felületé a sugár határozza meg. Ezen nyomás befelé halad és egyensúlyban képes tartani a hidrostatikai nyomást. Mivel nagyobb a görbület, annál nagyobb a nyomása és annál mélyebben fekszik a nivó (: vizszintes) sík alatt. Ellenkezőleg áll, ha a felület homoru, mert akkor negativ nyomás, vagyis huzás gyakoroltatik. Ha vizet öntünk valamely közlekedő csőbe a mely különböző nyitású szárakkal bír akkor a fölszin homoru lesz, mert az erők azon helyen hol a folyadék párhuzamos kezd lenni az edény falával a feszültség folytán mint egy föl huzzák a folyadékot, a higany mely nem nedvesíti a csövet, domború felülettel fog birni. Mily nagy a feszítő erő, mely felhuzza a folyadék részecskéket. A feszítő erő minden egyes pontra nézve f; ha a sűrűséget s-el jelöljük és ha a cső kör alaku, akkor az egész feszítő erő lesz $r^2\pi h s$. mely ered-

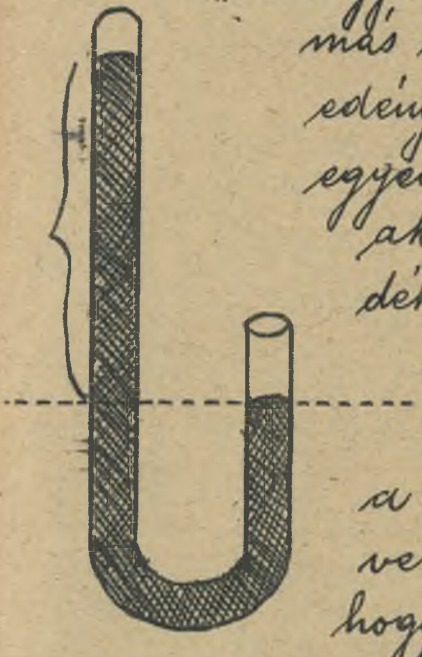
mányhez úgy jutottunk, hogy az $\underline{r^2\pi f}$-t vagyis a terület egységére gyakorolt feszítő erőt megszoroztuk a magassággal és a folyadék sűrűségével.– A magasság, melyre az emelkedés történt, egyenlő $\frac{2f}{\pi} \cdot \frac{1}{r} = h$.– Ez a Jurin féle fölvétel a miből $hr = \frac{2f}{\pi}$, a mely utóbbi <u>capillaris állandónak</u> neveztetik és közös $\underline{a}^2$-vel iratik. $\frac{2f}{\pi} = a^2$.–
A folyadékra vonatkozólag említést kell tenni még a cseppképződésről.– Ha ugyanis egy csőből folyadékot lassan öntünk ki, cseppek alakúlnak, melyek mindaddig nagyobbodnak, míg feszítő erejük a nehezséggel egyenlők s egyensulyt képes tartani. A cseppek mind egy formván néznek ki, csakis tömegökben különböznek egymástól és ezen tulajdonságánál fogva a cseppetömeg bizonyos mérték gyanánt is használható.– A folyadékoknál még azon változásokat is még kell említenünk melyet azok térfogatukban szenvednek; szólanunk kell még az cseppfolyós testek mozgásáról is ezt megelőzőleg a légneműeket fogjuk ismertetni.

<u>A légnemű testek.</u>

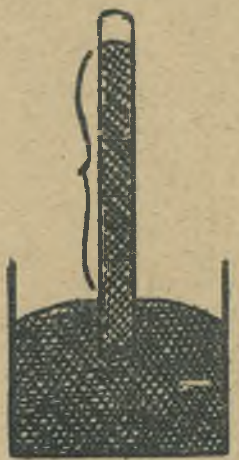
A légnemű testekről általában azt mondottuk, hogy azok sem az alak sem a térfogat változás ellenében nem fejtenek ki jelentékeny erőt.– A légneműek vizsgálata nem ment minden nehézségtől, mert midőn pl. térfogatukat tanulmányozzuk, az már oly térben történik mely levegővel van kitöltve.
Mindenek előtt tehát a levegő nyomásával kell tisztába jönnünk.– A nyomás épen úgy mint a folyadékoknál a levegőben is minden irányban történik; az ellenizá-

nyú de egyenlő nyomások egyenlő nyomások egymást lerontják, vagyis hatásaikat megsemmisítik.– A levegő nyomásáról meggyőződhetünk, ha egy edényt megtöltünk vízzel és befödjük papír vagy üveglappal; az edényt megfordítva a víz nem fog kiömleni, mert a levegő nyomása csak alulról fölfelé történik és a lemezoda nyomatik. Ha egy fadarabot papírlappal befödünk és a végére gyorsan reá ütünk, nincs ideje a levegőnek betodulni, a nyomás egyoldalú lesz, a fadarab eltörik. Miután a felhozott példák által a levegő nyomásáról meggyőződhetünk, feladatunk a nyomás nagyságát meghatározni. Az elv, mely szerint a mérést eszközöltjük azonos lesz azzal, a melyet a folyadékoknál eszközöltünk. A csepp folyós testeknél azt mondottuk hogy a különböző folyadékoknál a nyomások egyenlők, sűrűségükkel fordított arányban áll, egyenlő magasságban helyezkednek el a közlekedő edényben. Ezen törvény érvényes a légneműekre is.–
A nyomás nagyságának meghatározására veszünk egy „U" alakúlag meggörbített üvegcsövet, a melynek hossza legalább 770 m/m és a melynek egyik végébe van forrasztva ha ezen közlekedő edényt megtöltjük higanynyal úgy hogy a levegőt teljesen eltávolítjuk, az így megtöltött készüléket függélyesen állítjuk föl.– A nyílt végén a levegő gyakorol, a zárt végen pedig a higany oszlop gyakorol nyomást.–
Azon higany oszlop, mely itt a levegőnyomásával egyensúlyt tart, mértékül szolgálhat a légnyomásá

nak.- Ugyanezen eredményhez jutunk akkor is, ha más edényt alkalmazunk. Ha pld valamely edénybe melybe higany van, a felső végen zárt, egyenes higannyal megtöltött csövet helyezünk, akkor a levegő nyomást gyakorol a folyadék felületére, a higany itt is a zárt csőben egy bizonyos magasságot fog elfoglalni, a mi eredője lesz a higany és a levegő nyomásának. Ily módon eszközölve a kisérletet azon eredményhez jutunk, hogy 760 mm magasságú higanyoszlop tart egyensúlyt a légköri nyomással.



Az üvegcsőben foglalt higany fölött légüres tér keletkezik, melyet Toricselli féle űrnek szokás nevezni.- A nyomást képletileg itt is úgy fejezzük ki mint cseppfolyós testeknél hgs-sel, vagyis a folyadék oszlop magassága szorozva a sűrűséggel s a test nehézségeivel.- Általában a higanyt szokás mérték egység gyanánt használni a levegő nyomására. Pontos méréseknél nem elégséges csupán a higany oszlop magasságát ismernünk, hanem tudnunk kell a higany sűrűségét, hőmérsékét s a földrajzi szélességet, mert mint tudjuk ez utóbbi a g értékére van befolyással. Normális légnyomás alatt azon nyomást értjük, melyet egy 760 mm magas □ mm keresztmetszetű, zérus hőfokú higanyosz-



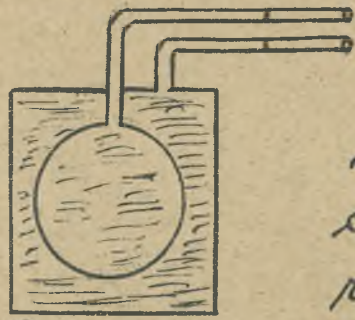
lop gyakorol a 45. ik szélességü fok alatt a tenger felszinen. Valamely helynek rendes légnyomása a-latt azon középértéket értjük melyet az illető helyen hosszabb időn át megfigyelt levegő nyomása szolgáltat.- A levegő nyomásának mérésére használt eszköz Barometernek neveztetik. Alakjára, berendezésére nézve többféle lehet, azonban mindig közlekedő cső szerkezetnek kell lennie. Ha mi a barométerről a valódi légnyomást akarjuk leolvasni, akkor nem szabad figyelmen kivül hagyni azon tényezőketek sem, melyek a nyomást módositják; igy például szük üregü csöveknél a capilarittást.

Máriotte törvénye.

Hogyan változik a cseppfolyós s légnemü testek térfogata a nyomás változásával?

Ha valamely anyagot zárttérbe helyezzük s a reá ható nyomást változtatjuk, akkor annak térfogatában is változás fog beállani. Légnemü testeknél a változás közvetlenül s könnyen észlelhető, mert ezek a térfogat változás ellenében kis erőt fejtenek ki; a cseppfolyós testeknél ennek felismerésére csak hosszu bonyadalmas kisérlet útján eszközölhető bizonyos pontossággal, mert midőn a folyadékokat kisebb térfogatra akarjuk szoritani, ugyan akkor az edény, melyben helyezve vannak is, megváltoztatja alakját.-

Sok ideig a folyadékokat nem is tartották összenyomhatóknak, mert azt látták, hogy a folyadék, melyet valamely fém golyóban kisebb térfogatra akarták szorítani, ennek felületén átszivárgott. Végre Regnault oldotta meg ezen feladatot a következőképen: Vett egy gömbben végződő edényt s azt oly edénybe zárta, mely szintén csövel volt ellátva; nyomásokat gyakorolt az edényekre s az ezekben levő folyadékra, mely alkalommal megkapta a térfogat változást feltüntető adatokat. Mi oly eszközt használunk a kísérletezésnél mint a fenti ábrán látható. Mindkét edény csöve a szabad levegővel közlekedik. Ha a belső vizzel telt csőbe fúvunk, a benne levő folyadék nyomást gyakorol az edény falaira; ezen nyomását terjed a külső edényben levő folyadékra, minek következtében ez elmozdul, mely elmozdulás a belső edény tágulásának felel meg. Az eszközölt mérések azt bizonyítják, hogy a víz térfogatának egy husz milliomod részével változik meg, ha nyomás egy atmospherával változik meg. Az alkoholé 2=szer, az actheré 3=szor annyival. Vízre vonatkozólag kisebbedik az összenyomhatóság, ha hőmérséke nagyobbodik, alkoholnál, acthernél épen az ellenkezőt tapasztaljuk. A különböző anyagokra nézve táblázatok vannak összeállítva, melyekben ki van mutatva, hogy valamely test térfogatának hányadrészével változik meg, ha a nyomás egy légköri nyomással nagyobbodik.- Ezen táblázatokban előforduló kis tört számokat <u>összenyomhatósági együtthatónak</u> nevezzük.



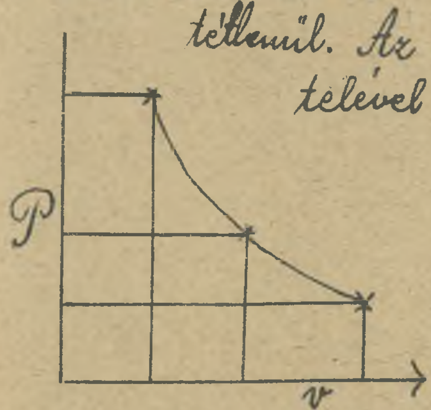
Piezometer.

Képletileg ily formán fejezzük ki a térfogat nyomás közötti viszonyt: $V. V_0 / 1 - \alpha p /$ mely egyenletben p a nyomást, α az összenyomhatási együtthatót jelenti, V_0 pedig azon térfogatot, melyel a test rendes körülmények között bír. Ugyanazon szempontból mint a folyadékoknál tettük, szólhatunk a gáznemű testek térfogat változásairól is.– E tekintetben azonban már lényeges különbség mutatkozik a két féle halmaz állapotú testek között, mert a gázok nyomásainak vizsgálatánál arra az eredményre jutunk, hogy a térfogat s a nyomás szorzata állandó mennyiség, míg a nyomás nem változik. Ezen törvényt a Máriotte, Boyla természettudósok majdnem állapították meg s azért, Máriotte Boyla féle törvénynek neveztetik. A nevezett tudósok azt hitték, hogy ezen tétel tökéletesen érvényes minden gázra vonatkozólag, de Regnault kimutatta, hogy a gázok nem hódolnak föltétlenül a Boyla-Máriotte féle törvénynek és hogy legnagyobb eltérést azok mutatnak, a melyek könnyen csepfolyósíthatók. Valamely gáznak térfogata v- vel, a reá ható nyomást p vel jelöljük; egy más légnemű testre vonatkozólag a nyomás legyen egyenlő p_1-el a térfogat pedig v_1-el akkor a fentnevezett törvény értelmében $\frac{v}{v_1} = \frac{p}{p_1}$ vagyis $vp = v_1 p_1$.
A térfogatok helyett az egyenletben behozhatjuk a gázok sűrűségét is. Tudjuk ugyanis, hogy a sűrűség egyenlő a tömeg s térfogat viszonyával, az az $s = \frac{m}{v}$. Egy más gázra vonatkozólag $s_1 = \frac{m}{v_1}$. Az $s = \frac{m}{v}$ és $\frac{m}{v_1} = s_1$ értékéből

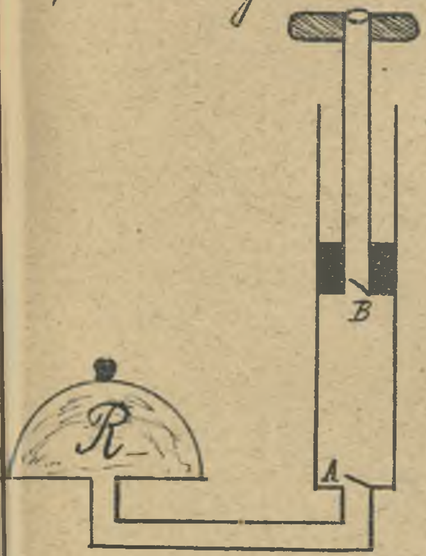
$v = m\,s$; $v_1 = m_1 = s_1$ ebből $\frac{v}{v_1} = \frac{m\,s}{m\,s}$, s ha $m = m_1$ akkor $\frac{v}{v_1} = \frac{s}{s_1}$, de $\frac{v}{v_1} = \frac{p}{p_1}$ és így állania kell annak is hogy $\frac{s}{s_1} = \frac{p}{p_1}$. Két különböző gáznak a sűrűsége a reá ható nyomással egyenes arányban áll.-

A nyomás és a térfogat közötti viszonyt már grafikailag is állíthatjuk; Fölveszünk e végből két merőleges összerendezőt, a melyek a p és v-nek felelnek meg. Fölteszük, hogy $v = 4$, $v = 2$, és $v = 1$ a midőn a $p = 1$, $p = 2$ és $p = 4$. Ha ezen föltevésnek megfelelőleg szerkesztjük a rajzot, akkor egy egyenszárú hiperbolát kapunk, mely szintén kifejezi a nyomás és a térfogat közötti viszonyt.

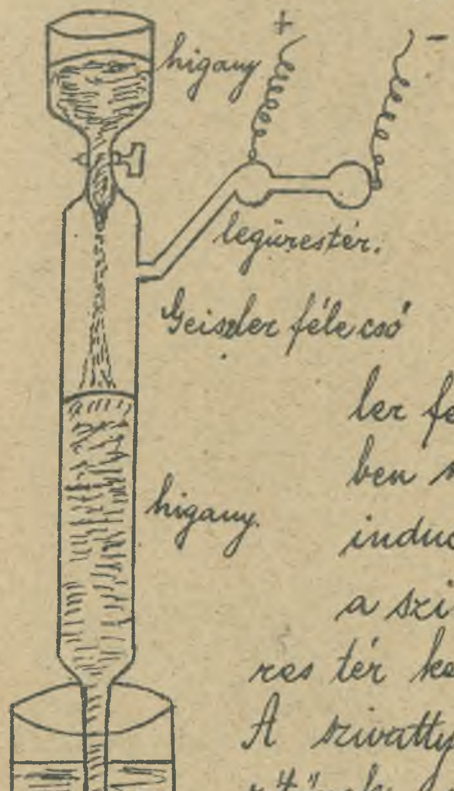
Mint említettük ezen törvénynek nem hódolnak a gázok feltétlenül. Az eltérések, melyek észlelhetők a hidrogén kivételével minden légnemű testnél egyirányban történnek, t.i. nagyobb mértékben nyomhatók össze mint azt a Mariotte törvény megengedné. Ha az eltéréseket tekintetbe veszszük, feltűnik, hogy azok nagyobbak oly gázokál, melyek könnyen cseppfolyósíthatók, a szénsavra például nagyobb mint az oxygenra, nitrogénra vonatkozólag.-



Eddigelé a térfogat változásnál nem voltunk tekintettel a hőmérsékletre, mely minden nyomás változás alkalmával mint fontos adat szerepel.- A levegő nyomásának meghatározásánál 3 tényezőnek ismerete szükséges, hgs, ezek közül a h és s igen könnyen lemérhető; a g meghatározására már segéd eszközre van szükségünk, s a mely eszköz a légszivattyu n eve alatt ismeretes. A légszivattyú lényeges részét a légtartó képezi, melyben a levegő sűrűségének változásait eszközöljük. Ez

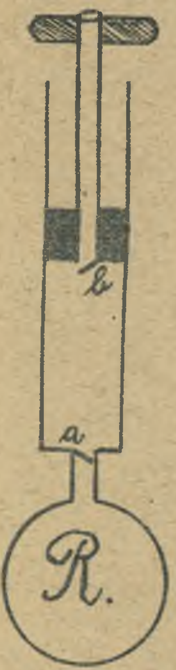


összeköttetésben áll a henger alakú köpűvel, melyben egy dugatyu légzárolag föl és alá tolható. Jelentékeny részei a szivatyúnak még a szelepek is (mely régente csapok által voltak helyettesítve). Ha a dugattyút felhuzzuk, akkor azon tér, mely a dugattyú alapja s a köpű feneke között van, megnagyobbodik, ebben tehát nyomás kisebbedésnek kell elő állania. Ha e térben a levegő megritkult, azon esetben a búra alól jövő levegő a légtartóból kifelé nyíló A szelepet megfogja nyitni, mert nyomása nagyobb a külső légnyomásnál, ugyanekkor azonban a dugattyú felett nagyobb a nyomás mint alatta, ennek meg az lez a következménye, hogy a B. szelep be fog záródni. Letolásnál a dugattyú alatti tér kisebb lesz, mi folytán a nyomás még nagyobb lesz, az A. szelep becsukodik s a légtartót a köpűtől elzárja, ellenben a nagyobb nyomás következtében a B szelep megnyilik, a köpűben foglalt levegő a szabadba tódul. Bármily tökéletes szerkezetű legyen is a szivattyú, teljesen légüres tért nem vagyunk képesek előállítani, s pedig egyrészt azért, mert a dugattyú fel huzása alkalmával mindig csak a búra levegőjének egy részét távolítjuk el; márpedig folytonos megosztásnál a maradék lehet végtelen kicsiny, nulla semmi esetre sem, másrészt bármily gonddal legyen is a szivattyú készítve, mégis marad az érintkező alap és a dugattyú között egy kis tér, melyet a dugattyú kinem tölt. e teret kártékony térnek szokás nevezni. Nagy mennyiségű levegő eltávolitására mit gyorsan is akarunk eszközölni, és a hol meg elégszünk a nyomásnak 10 m/m való ritkitásával, jól használható, a légszivattyú, de fontosabb méréseknél hol teljes ritkitást akarunk létesitteni a higany szivattyú használtatik, mi nem egyébb mint a barometer kisérlete, ily szivattyú különböző alakú van forgalomban, egyike a legkényelmesebbeknek a Sprengl féle higany légszivattyú is. alap tipusát a következő rajz mutatja; Egy cső, mely a rendes barométernél hosszabb, fölül csappal van ellátva, alsó nyilt vége pedig egy



higannyal telt edénybe merül. A csap fölötti edénybe is higanyt öntünk, ha ebből higanyt bocsájtunk a csapon át, ez a levegőt magával viszi, úgy hogy a szivattyúval összeköttetés hozzuk, a térből a levegőt teljesen eltávolitja itt e rajzon; Geiszler féle csővel van összeköttetésben. Hogy ezen csőben nincs levegő arról meggyőzödhetünk, ha egy inductorral hozzuk összekötletésben, itt ugyanis a szikrának át ütése fogja jelelni hogy légüres tér keletkezett._

A szivattyúnak második neme az, melyet légsűritőnek neveznek, s arra szolgál hogy valamely térben a levegőt összesűritsük. Alakját illetőleg hasonlit a ritkitó szivattyúhoz, csakhogy a szelepek itt nem kifelé hanem befelé nyilnak. Ha a dugattyút felhuzzuk, a köpüben megritkul a levegő, mert az a szelep nem nyil-hat meg, a b szelep ellenben megnyilik a levegő a köpü-be tódul, ha a dugattyut be toljuk akkor a köpüben a tér kisebb lesz, ellenben a nyomás nagyobb lesz, így az a szelep



befelé nyilván, megnyilik a b, ellenben miután az is befelé nyiló zárva marad, a levegő a lég-tartóba nyomul. A dugattyut ekként fel és alá tologatván a levegő mindinkább megsürüsödik a sürítést épúgy mint a ritkitást csak egy bizonyos határig lehet eszközölni és pedig addig, mi a dugattyú s a köpü feneke közé szorult levegő nyomása egyenlő a fölülható levegőjével, a köpüben lévő levegő a búra szelepét többé fel nem nyitja.-

Vannak oly szivattyuk is, melyekkel egyidejüleg sürítést és ritkitást is eszközölhetünk. Az ilyen sürítő és ritkitó szivattyú arra szolgál, hogy általa a levegőt az egyik edényből a másikba vigyük át. Ha a dugattyut felhuzzuk az

Sürítő-ritkitó sz.

a szelep ki nyilik, a b pedig zár-va marad, az lesz az eredő hogy a mely levegő előbb a ban volt, utóbb b-be jutott.-

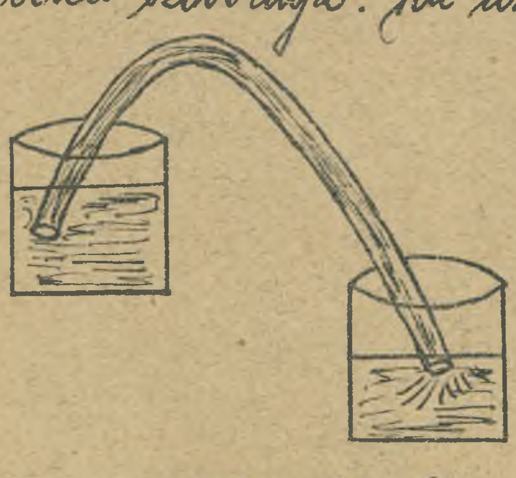
Hogy a levegőnek egyoldalú nyomása jelentékeny erőt képvisel, könnyen meggyőződhetünk, ha a levegőt a búra alól kiszivattyuzzuk, mert akkor az oly erősen lesz a tányérhoz nyomva, hogy azt szét sem vehetjük; szint úgy összetapadnak a magdeburgi fél

tekék, ha kiszivattyuzzuk belőlük a levegőt. Midőn valamely rugalmas labdát levegővel megtöltünk, akkor a belső nyomást nagyobbitjuk, minek azután az az eredménye, hogy a labda felduzzad. - Ugyanezen eredményhez jutunk akkor is, ha a labda fölött a külső nyomást kisebbitjük. - Ha a szivattyu burája alá egy vékony üveg lemezt teszünk, és kiszivattyuzzuk a levegőt, az üveglap a a roppant egyoldalu nyomás következtében porrá törik. -
Hogyan határozzuk meg a levegő sulyát? a levegő sulyát úgy határozhatjuk meg, hogy valamely üveg edényből először kiszivattyúzzuk a levegőt és lemérlegeljük, azután bebocsátjuk a levegőt, a súlykülönbség adja a levegőnek a sulyát. - Ha az edény térfogata 3 liter akkor azt találjuk, hogy a levegő súlya 4·5 grammal egyenlő, vagyis 1 literé 1·33 gramm. A levegő sulyának meghatározásánál azonban tekintettel kell lenni a nyomásra s a hőmérsékre, mert ezek oly tényezők, melyek a levegő sulyát módositják. - Egy liter normális nyomású 0 hőmérsékü levegőnek a sulya 1·2936 gramm.
A levegő sulyának ismerete arra képesit bennünket, hogy meghatározhatjuk, hogyan változik a nyomás a levegőben. Miként a folyadékoknál, úgy itt is a nyomás 3 adattól függ: a levegő nehézségétől, a légoszlop magasságától s a sürüségtől; szóval a nyomás a levegőre vonatkozólag is hgs-el egyenlő. - Kicsiny térben azonban a nyomás változások nem oly jelentékenyek, hogy a sürüségváltozást is tekintetbe kellene vennünk, nagyobb térben ellenben nem szabad elhanyagolnunk. - A levegő sürüsége a vizhez viszonyitva $\frac{1}{773}$-dal egyenlő.

Ezt tudva keressük azt a magasságot hol a barometer normál állása 760 $^m/_m$; ha 1 $^m/_m$ emelkedett, akkor ezen $^m/_m$éter higany oszlop nyomását is ismerjük. Egy $^m/_m$ higany oszlop megfelel 13.6 $^m/_m$ magasságú vizoszlopnak; 1 $^m/_m$ vizoszlop nyomása 773 $^m/_m$ légoszlop nyomásával 13.6×773 $^m/_m$ légoszlop fog egyensúlyt tartani s ez 10·5126 méterrel egyenlő. – A barometer állása tehát 10·5 méter magasságban 1 $^m/_m$ változik meg. – Miként a folyadékoknál, úgy levegőnél is működik, felhajtó erő. A folyadékoknál ugyanis azt mondottuk, hogy a beléjük mártott test alapjára nagyobb erők hatnak, mint a felsőre, s ezek oly eredőt adnak, melyet a test által kiszoritott folyadék ad. Igy a levegő is egy testnek alsó lapjára nagyobb erőt gyakorol mint a felületére, mely erő a folyadékok felhajtó erejének megfelelő eredőt fog adni s egyenlő lesz azon légtömeg nehézségével, mely a testtel egyenlő térfogatu. Ezen eredő mozgásokat is létesíthet fölfelé, ha a levegőnél kisebb sulyú gázzal például hidrogénnel töltünk meg valamely gömböt. – <u>A tömeg meghatározása</u> A testek anyagának tömegét nem tudjuk közvetlenül meghatározni, mert az anyagok igen sokfélék s igy azoknak leméreset indirect úton kell eszközölnünk, felhasználván a mehanikai jelenségek közül a mozgást s a mozgás közben fellépő tétlenseget, mivel a tömeg a mozgás mennyiségével s a nehézség gyorsulásával arányos. A nehézség pedig ugyanazon földrajzi szélesség alatt állandó s ezért $\frac{m}{m_1} = \frac{P}{P_1}$. A nehézség azon erő, mely a testek esését létesiti légüres térben. A tömeg megállapitásánál tehát a nehézséget okvetlen kell ismernünk. Mérleg segélyével képessek va-

gyunk a testek súlyát meghatározni, de mivel ez nem szolgáltatja a tömeget ebből először a nehézségre kell következtetést vonnunk. E következtetést megtehetjük a súlyokról a nehézségre, mert tudjuk, mennyi a testnek súlyvesztesége a levegőben. ismerjük sűrűségét bármely nyomásra, még csak azt kell kiszámítanunk, hogy a sűrűség hogy függ a hőmérséktől. Ha ez utóbbi adatnak a birtokában vagyunk, akkor a sűrűség és térfogat alapján megállapítjuk a súlyveszteséget, ezt a testek súlyához adva kapjuk a nehézséget.
Hogy a levegő a testek sulyára nagy befolyással van, arról könnyen meggyőződhetünk, ha veszünk egy mérleget melyen egy nagyobb térfogatú üres golyó s egy kis ólom darab tartják egymást egyensúlyban, ha most légüres térben hozzuk ezen szerkezetet akkor az egyensúly fel bomlik; levegőben a nagyobb térfogatú golyónak súly vesztesége nagyobb volt, mint a kis ólom darabé és pedig annyival a mennyivel több levegőt szorított ki helyéből. A légszivattyú búrája alatt a test vissza kapja súlyveszteségét s ennek az lesz az eredménye, hogy a nehezebb golyó alá fog sülyedni.
A levegő nyomásáról szólva említést kell tennünk azon eszközökről, melyeknél a folyadékok mozgását a légnyomás idézi elő. – Ezek közé tartoznak a: szivornya, mely lopó neve alatt ismeretes. Ha az alsó végét folyadékba mártjuk, felső végét megszivjuk, az az megritkitjuk a benne levő levegőt akkor a külső légnyomás nagyobb

lévén fel nyomja a folyadékot. Ha a száját ujjunkkal befogjuk, hogy a levegő nem hatolhat be, a telt lopót kihozhatjuk, a nélkül hogy a folyadék kiömlene. A közlekedő csövek tárgyalásánál azt mondottuk, hogy ezekben csak azon folyadék részek lehetnek egyensúlyban, melyek egyenlő nyomás alatt állanak. Ha az egyik szárban a nyomás növeljük vagy kisebbítjük az egyensúly azonnal megbomlik s a víz az egyik v. a másik v. csőben feljebb emelkedik. Ebben leli magyarázatát a görbitett szivornya. Ha az egyik végét megszívjuk ott nyomás kisebbedés áll elő és akkor a külső nagyobb lég nyomás folytán a folyadék a csőn át egyik edényből a másikba fog folyni, mi szakadatlanul tart mindaddig, míg a folyadék nivója a két edényben egy



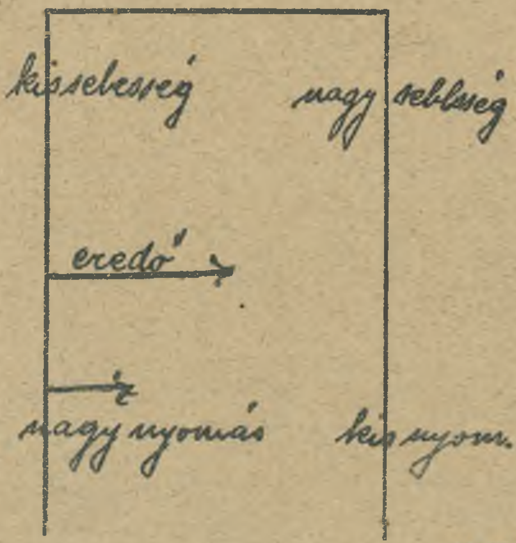
magasságba jut. Ugyan csak a levegőnek ilyen egyoldalú nyomásán alapulnak a nyomó és szívó kutak, melyek teljesen azonosak a szivattyúval csak a szelepek minősége más. Így magyarázzák meg a nálunk is előforduló időszaki forrásokat, továbbá a Heron labdánál, a bűvös tölcsérnél előjövő tüneményeket.
A légnyomás tudvalevőleg csak 10 m. vízoszloppal képes egyensúlyt tartani, azért kutak készítésénél ügyelni kell arra hogy 10 m.-nél közelebb essen a víz felülete.

A csepfolyós és légnemű testek mozgása.

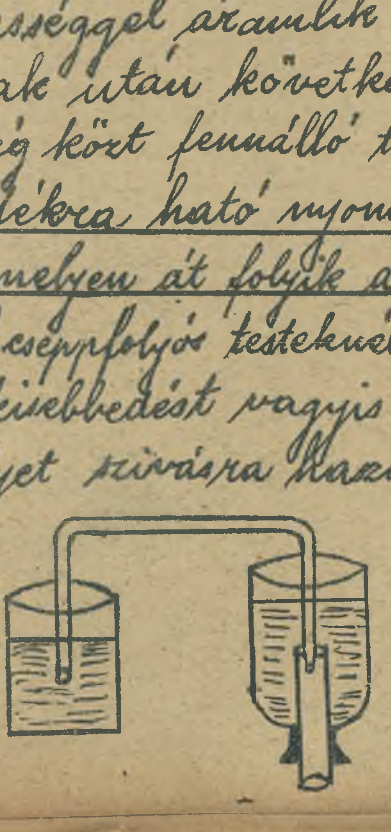
A folyadékok egyensulyi viszonyaival foglalkoztunk, így kell hogy azok mozgásaival is megismerkedjünk. Nem fogunk azonban a hydrodinamikának részleteibe bocsátkozni, csak egynehány nevezetesebb esetet tárgyalni. Ha egy folyadék tömeg kiáramlik valamely csövön, akkor eltekintve a súrlodás okozta eltérésektől – a sebességet könnyen kiszámithatjuk, mert az elevenerő változása a végzett munkával egyenlő, a mely munkáról tudjuk, hogy az úttól teljesen független s csak a folyadék részecskék helyzet változásait kell megismernünk. Midőn például valamely folyadék tömeg a kifolyásicsőig jutott akkor az elmozdulás a közben végzett munka független levén az úttól = lesz az elevenerő változásaival,

mgh tehát $= \frac{1}{2} mv^2 \frac{1}{2} m v_0^2$. Ha az edény keresztmetszete igen nagy azon esetben a sebesség különbség oly kicsiny, hogy bátran elhanyagolhatjuk és így $gh = \frac{1}{2} v^2$, miből $hg = \frac{v^2}{2}$; $v^2 = 2gh$ A kiömlési sebesség négyzete arányos a magasság és a gyorsulás kétszeres szorzatával. Ez a Toricselli féle tétel. Maga a mozgás folyamata igen bonyolodott s a különféle helyzetű pontoknak más és más a sebessége, mely sebesség változást a folyadék alakja és keresztmetszete szabja meg. Minthogy az út igen complicált, egyszerűsítés végett egyes folyadék fonalakat kell fölvennünk az edény belsejében. Az ilyen folyadék fonalak sebesség változásainál nem vagyunk tekintettel a térfogat változásokra, mert összenyomhatóságok végtelenül csekély; állandó térfogatoknál fogva tehát ugyanazon idő alatt egyenlő folyadék résznek kell átáramlania a különböző kereszt metszeteken. q-

keresztmetszeten az idő egység alatt bizonyos nagyságú folyadék oszlop halad át, melynek térfogatát megkapjuk, ha a q-t megszorozzuk az időegység alatti elmozdulással. A q_1-keresztmetszeten át áramló folyadéktömegre ugyanily módon nyerjük a térfogatot. Az első esetben tehát a térfogat = qv, a másikban $q_1 v_1$ melyeknek a mondottak értelmében egyenlőknek kell lenniök, vagyis $vq = v_1 q_1$ s ebből $\frac{v}{v_1} = \frac{q_1}{q}$. Ez szerint a <u>különböző keresztmetszeteken át áramló folyadék részek sebessége visszásan aránylanak a keresztmetszethez.</u> -
Légneműeknél e feladat megoldása sokkal bonyadalmasabb, mert ezeknél a térfogatokat nem szabad változatlanoknak tekintenünk, minthogy a gáz alakú testek jobban összenyomhatók. A nyomás változások egészen mások lesznek mozgó légtömegnél mint állókban, de mivel a sebesség változások általában véve kicsinyek, igazolva találjuk azon tételünket, melyet a nyugalmi helyzetre fölállítottunk. Keressük ezek után azt, hogy a mozgó folyadékoknál minő viszonyban van a nyomás a sebesség változással. Ennek kimutatására vegyünk föl egy folyadék oszlopot a melyről föltesszük, hogy az első keresztmetszetnél kisebb sebességgel bír



mint a másodiknál. Ezen folyadék tömeg mindkét oldalára erők hatnak, melyek közül ~~az~~ lesz a nagyobb mely a nyilak irányában működik, minthogy a sebesség is ezen irányban növekszik. Az erők összetételéből következik, hogy az eredő is nyil irányú lesz, mert az mindig a nagyobb erő irányát követi. Ha első keresztmetszeténél fellépő erő nagyobb mint az innenső, akkor az egyszersmind nagyobb nyomást fog gyakorolni. A keresztmetszet, mint azt megállapitottuk, viszszás arányban áll a kiömlő folyadék sebességével, vagyis minél kisebb a keresztmetszet, annál nagyobb sebességgel áramlik át a folyadék és viszont. A mondottak után következőleg fejezhetjük ki a nyomás és sebesség közt fennálló törvényszerűséget, minél nagyobb a folyadékra ható nyomás, s minél tágabb a keresztmetszet, melyen át folyik a folyadék annál kisebb a sebessége.
A cseppfolyós testeknél tehát a sebesség növelése által nyomás kisebbedést vagyis negativ nyomást hozhatunk létre, melyet szivásra használhatunk fel. Az ábrán látható kétedény közül a nagyobbik vizet, a másik egy festett folyadékot tartalmaz. A két edényt összekötő cső oly módon van szerkesztve, hogy a nagy edénybe



merülő" része jelentékenyen megszükül, mely azt eredményezi, hogy ott jelentékeny nyomás kisebbedés áll elő és ennek következtében a folyadék a kis edényből át fog ömleni. A folyadékok kifolyásainál fellépő nyomás változások eltérnek a nyugalomban levő folyadék nyomásaitól, azért az előbbinek nyomása negatív nyomásnak neveztetik.-

A mit a folyadékok mozgására megállapítottunk mind az érvényes a légneműekre is, csakhogy ez utobbiaknál a sürüség változás is befolyással van a nyomási viszonyokra. Ilyen szembetűnően mutatkozik a sebesség s nyomás közötti viszony hydrodinamikai, helyesebben légmozgástani paradoxon nevü kisérletnél. Ha ugyanis a levegőt keskeny csövön keresztül egy könnyen mozgó lap felé fújjuk, akkor ez mozgásba jön s a csőtől eltávozik. De ha a csövet széles lemezzel látjuk el s hozzá igen közel van a mozgó lap elhelyezve, akkor ez, a fuvás daczára, a lemezhez tapad. A tünemény oka abban rejlik, hogy a vékony csőből kirohanó levegő a kis keresztmetszet folytán oly nagy sebességgel s ennek alapján oly csekély nyomással fog birni, hogy az aránylag nagyobb külső nyomás hatását teljesen lerontja, melynek folytán a lap a cső nyilásához tapad.

A diffusio

A cseppfolyós s légnemü testek tárgyalásánál mintegy befejezésül fel kell említenünk azon viszonyokat melyek előállanak akkor, ha egy folyadékhoz egy másikat öntünk, vagy midőn egy léggel telt térben valamely más gázalakú test elterjed. Ha ily formán két cseppfolyós testet hozunk össze, azok elegyednek; végre az általok elfoglalt térben nem lesz azonos a két test által kitöltött tereknek összegével. Például, ha vizet alkohollal keverünk akkor ezeknek térfogata kisebb lesz mint a két folyadék térfogata együttvéve. Valami általános szabályszerüséget a folyadékok átömlésénél nem igen találunk, de annál inkább a légneműek diffusiojával. A gázok átömlésére Dalton állított föl egy törvényt, melynek értelmében a különböző légneműek egymással akképen keveredőnek össze, hogy mindenik úgy terjed el valamely térben, mintha csak egyedül volna. Ennek ez a következménye, hogy a nyomás, melyet valamely gázkeverék gyakorol ugyanaz, mintha az illető gázok egyedül állanának. Az összes nyomás tehát $P = p + p_1$-el az egyes légneműek nyomdokainak összegével. A $P = p + p_1$ egyenlet értelmében egy gáz keverék ép úgy hódol Máriotte törvényeinek mintha egy magában álló gáz volna. – Ha két különböző gázt melyek v és v_1 térfogattal p és p_1 nyomással bírnak, valamely V-nagyságú térben hozzuk, akkor a Máriotte törvény értelmében q vagyis az első légnem nyomása úgy viszonylik a p-hez, valamint a kis v a nagy V-hez, a másodiknál pedig $q_1 : p_1 = V$. E két arányalatból $q = \frac{pv}{V}$ s ebből $q + q_1 = \underline{pv + p_1v_1}$ $q + q_1$ legyen egyenlő P-vel azon esetben $\underline{P = pv + p_1v_1}$ mely egyenletből, ha V-szorzónak átviszük $\underline{Pv = pv + p_1v_1}$. Ha oly légnemű testeket hozunk egymással össze melyek elegyedés után P nyomással bírnak s ezeknek térfogatát V-re nagyobbítjuk, akkor $Pv + Pv_1 = PV$ s ebből $\underline{V = v + v_1}$. –

A Dalton féle elmélet értelmében valamely gáz egy másik által elfoglalt térben csak úgy terjed el, mintha magában volna, mely törvény mindegy ellent mondani látszik az áthatlanság elvének. Ezen látszólagos ellen mondás azonban megszünik, ha tekintetbe vesszük a diffusionál fellépő mellékes körülményeket is. A mód, a mely szerint a gázok elegyedése történik igen bonyolódott és függ a minőségen és sebességen kivül még a kivülről ható erőktől és a diffu-

dáló légnemek nehézségétől.-
A nehézség hatása alatt a nagyobb sürüségü gázok alantabb helyzetet iparkodnak ugyan elfoglalni, de az elegyedés a nehézségerő ellenében is megtörténik, a miről könnyen meggyőződhetünk, ha három különböző nagyságú gyertya darabot egy egy edénybe helyezünk s az edénybe szénsavat öntünk. A szénsav nagy sürüségénél fogva a fenékre fog ugyan szállani, de azért az elegyedés meg történik, mert a gyertya darabok egymás után elaludnak. A diffusionak egy különös neme az, mely likacsos falú edényben megy végbe. Ha valamely edény likacsain át történik az elegyedés, akkor a kiáramlás sebessége a gáz fajsulyától függ s pedig nagyobb fajsulyú anyagok kisebb sebességgel fognak diffundálni mint a kisebb sürüségüek. A gázoknak ezen tulajdonsága több rendbeli alkalmazást nyer az ugy nevezett gázjelzőknél melyeknek lényeges részét egy világitó gázzal telt cső képezi. A cső egy edényben van elhelyezve, mely szines folyadékot tartalmaz. A likacsos falú edényen a légáramlás megkezdődik s pedig a világitó gáz nagyobb sebességgel ömlik át mint a levegő, mert sürüsége sokkal kisebb; ennek folytán a csőben légritkulás s igy térfogat nagyobbodás áll elő, melynek az az eredménye, hogy a szines folyadék a csőben fölemelkedik.

Hőtan.

Midőn a testekkel szervezetünket érintjük, azt találjuk hogy azok bennünk a hidegnek vagy melegnek érzetét keltik. A testeknek azon állapota, melynél fogva bennünk azon érzéseket képes gerjeszteni, melyeket melegnek, langyosnak; hüsnek vagy hidegnek szoktunk mondani hőnek neveztetik. Már ezen definióból is kitünik, hogy az egyes testeknek, sőt ugyanazon testnek hő állapota is különböző lehet.
Az érzések, melyek a testek tapintása alkalmával keletkeztek, mintegy figyelmesseteznek bennünket az azokban vég-

bemenő" változásokra.
Miaz, a mit érzékeink által a testeken felismerhetünk? Érzékeink segélyével képesek vagyunk megállapitani a testek állapotát; megmondhatjuk, vajjon két test egyenlően meleg-e, sőt föllállithatjuk a hőmérsék fokozatait is. A mindennapi életben életben a hőállapot által keltett érzéseket fokozat szerint külön nevvel jelöljük meg; igy például szólunk jéghideg, hideg, szoba meleg, langyos és forró érzésekről. Ezen sorozat pusztán érzékeink lett megállapitva s ezért nem is föltétlen érvényű, mert megeshetik az, hogy ugyanazon hőállapot 2 egyénben különböző érzést kelt. Mindazon által megtartjuk ezen sorozatot, mert a testekben végbemenő" változások legalább nagyjából ugyan ilyen rendben jelentkeznek. A hő" fokozat behatóbb vizsgálatánál észrevesszük, hogy két két fokozat között átmeneti állapot van; továbbá, ha két testet oly térben hozunk össze, mely minden külső" behatásoktól ment, azok egymás hőmérsékletét ki fogják egésziteni; a mennyit egyik nyer, ugyanannyit veszit a másik, vagyis a két test egyformán meleg állapotba fog jutni, mely után egymásra semmiféle módositó befolyást nem gyakorolnak.-
Mindezen adatok azonban nem teljes pontosságunk s azért arra vagyunk utalva, hogy egy állapot jelzőt határozzunk meg, mely a külső" erők mellett teljesen megszabja a testek alakját és térfogatát. Állapot jelzők gyanánt bizonyos számokat fogunk használni, s pedig olyanokat, melyek az imént fölállitott követelményeknek megfelelnek. Az ilyfele számoknak meghatározása

történhetik oly képen, mint azt már Gallilei is eszközölte. Tudni illik, egy önkényes skálát helyezünk az üveg cső" mögé, mely a test hő" állapotát jelzi: Ezen eljárás teljesen megfelel azon követelményeknek, melyeket az állapot jelző" megállapitásá-

nál föltételzünk; de a gyakorlat szempontjából nagyon hátrányos, mert az illető szám meghatározása a véletlen műve.-
A 16-dik században sok észlelés történt e téren, de az eszközök, melyekkel ily formán a hőmérséket ki lehetett mutatni, elvesztek. Jelenleg oly módot alkalmazunk, melynél a hőállapot megállapitása az eszköztől függetlenül megy végbe s ezt a vízforrása és a jegolvadása által eszközöljük. Ha egy testet olvadó jégbe teszünk az változatlanul megtartja állapotát mindaddig, míg a reá ható külső erők meg nem változnak. Ha forró vízgőzfölé helyezzük a testet, akkor az a hő hatására térfogatában megnagyobbodik, oly állandó hőmérsékletet vesz föl mely biztosan és minden körülmények között felismerhető. Azon hőmérsékletet melyel a testek olvadó jégben s forró vízgőz fölött birnak, továbbá az ezen határpontok közötti hőállapotokat számokkal jelöljük meg s ily módon eszközt nyerünk a különböző hőmérsék lemérésére, mely eszköz <u>thermométer</u>-nek nevezzük. A hőmérők anyagárul a szilárd testeket nem igen szokták alkalmazni, mert ezek a hő hatása alatt nem mutatnak jelentékeny és könnyen észrevehető eltéréseket, annál alkalmasabbak azonban a különböző folyadékok. Leginkább a higanyt szokták ezen célra felhasználni, de ép megfelelnek a kivánalmaknak a hangyasav, alkohol is. A higanyos hőmérő egy szük, de egyenletes üvegü üveg cső, melynek felső végén be van forrasztva, alsó vége rendesen gömben végződik s higanyal telt; a higany fölötti tér légüres. A hőfokok megállapitása végett thermométert előbb olvadó jég közé teszük s megjelöljük azt a helyet, a hol a higany megállapodik: ez az <u>olvadáspont</u>, azután forró vízgőzbe helyezzük a hőmérőt s a pontot ameddig a higany felemelkedett szintén megjelöljük s ez: <u>a forrpont</u>. Az <u>olvadás</u> és forrpont közötti távolságot <u>alapköznek</u> nevezzük. Ezen alaptávolságot egyenlő részekre, fokokra osztják be. Reamúr szerint az alaptávolság 80-van egyenlő részre van beosztva: az ily féle hőmérőknél 0 az olvadás, 80 a forrpontot jelöli. A Celsi-

us féle thermometereknél az alaptávolság 100, a Farenheit féléknél 180 részre van felosztva. Ez utóbbinál azonban a 0 pont nem esik össze az olvadás ponttal mert az 32-vel a nulla alatt van s így a Farenheit hőmérőknél a forráspont 212-vel jelöltetik.
Bármilyen legyen is a thermometer berendezése is, osztályozása a higany oszlop elmozdulásának, részint a folyadéknak kiterjedése, részint az üvegedény térfogatváltozása lesz az oka. A változások, melyek a higanyban, hangyasavban s üvegcsőben előállanak, rendszerint nem idéznek elő jelentékeny eltérést a hőmérsékben s azért gátló tényezőkre nem igen tekintünk, tudományos kutatásoknál azonban ezeket nem szabad figyelmen kívül hagynunk. Absolut pontosságú hőmérők anyagául nem is a higanyt használjuk, hanem egy oly testet, melynek kiterjedésénél az üvegcsőnek térfogat változásai zavarólag nem hatnak. Ezen kívánalmaknak némileg megfelel az alkohol, aether, mert kevésbé vannak befolyásolva az üveg csőtől legjobbnak bizonyuló azonban a levegő. Legyen például egy légtömeg térfogata az olvadás pontnál V_0 a forrpontnál V_f. akkor a hő folytán létesült térfogat változást $V_f = V_0$ különbség fogja adni. Minthogy a hőmérsékletet egy számáltal akkarjuk jellemezni meg kell határoznunk hogy a légtömeg változása az olvadás ponttól bizonyos pontig hányszor foglaltatik az olvadás és forrpont közötti távolságban. Vegyük például azt az esetet, midőn valamely légtömeg t hőmérséklettel bír, 0 foknál ezen anyagnak V_0 lesz a térfogata a forrpontnál V_f. Egy hőfoknak megfelelő térfogata a Celsius féle felosztás szerint egyenlő $\frac{V_f = V_0}{100}$. A t-ik levegőre nézve $\frac{V_t = V_0}{\frac{V_0 = V_0}{100}}$ a térfogat ebből a t egyenlő $= 100 \frac{V_f = V_0}{V_f = V_0}$. A hőmérsékének meghatározása igen sok nehézséggel jár s azért Mariotte törvénye alapján a nyomást használjuk fel a hőfok megállapítására. Ha valamely légtömegnek t hőmérséke-

nél p_t a nyomása; 0 foknál p_o, a forrpontnál p_f, akkor egy hőfoknak megfelelő nyomás $\frac{p_f-p_o}{100}$, t-nek megfelelő $\frac{p_t-p_o}{\frac{p_f-p_o}{100}} = 100\frac{p_t-p_o}{p_f-p_o}$ A $t = 100\frac{p_t-p_o}{p_f-p_o}$ egyenlet értelmében a hőmérsék- let olyan szám, mely eggyel nagyobbodik akkor, midőn a hőmérői anyagul alkalmazott légtömeg nyomása egy századrészével nagyobbodik az olvadás- és forrpont közti távolságot kitöltő levegő nyomásának. A közéletben, mint említettük nem a léghőmérők, hanem a higanyos thermométernek vannak általánosan elterjedve, ezeknek adatai csak akkor lesznek helyesek, ha a léghőmérőknél kapott eredményhez viszonyítjuk. A higanyos hőmérőnél több körülmény van, a melyek miatt pontos eredményt nem kaphatunk, ilyen pl. az üvegcső kiterjedése. Az üveg rugalmas alakváltozásokat mutat, melyek gyakran évekig is eltartatnak s ezek folytán a hőmérő olvadás- és forrpontja is feljebb emelkedik. Ujabban a német üvegkészitők az által iparkodunk a bajon segiteni, hogy az üvegcsöveket mindjárt a forrpont megállapitása után eredeti alakjukra hozzák. A különféle thermométerekről szólva említést kell tennünk a Rumford féle maximális-minimalis hőmérőről is. Ennek lényeges részeit egy higanyos s egy alkohollal telt hőmérő képezik. A higanyos hőmérőben egy üveg pálczika van; melyet a higany, midőn a hő folytán kiterjed maga előtt tol s ha a hőmérsék csökkenésével összehuzodik, akkor a pálczikát nem viszi magával, mert nem képes azt megnedvesiteni. Ez által tehát a maximális hőfokot már ismerjük; a hőmérséknek minimalis értékét a borszesz- thermometer fogja szolgáltatni, melynél az alkohol a beléje helyezet csontdarabot magával viszi összehuzódás alkalmával s a legmélyebb állásánál meg is tartja. Orvosi czélokra mai napság az úgy nevezett maximális thermométer szokott használtatni. Alakjára nézve hasonlit a közönséges hőmérőkhöz, de a cső keresztmetszete oly kicsiny, hogy a hő folytán legmagassebb állását élérte higany oszlop függve marad az edény falainál fellépő nagy surlódás következtében s csak erős rázás után esik vissza. Ma általában minden thermometertől megkívánjuk, hogy elég gáztömeg legyen benne, mely a higany részecskék összefüggését fentartsa. Nedves levegőt azonban nem tanácsos alkalmazni, mert ez oxidálja a higanyt; rendesen hidrogént vagy szénsavat használnak.

A hő hatása a testek alakja- s térfogatára.

Midőn a különböző halmazállapotu testek térfogati viszonyairól szólunk, akkor a hő hatására nem voltunk tekintettel, jelenleg azonban, midőn tudjuk, hogy a hő mily lényeges változásokat idéz elő a testek térfogatában, erre is ki kell terjeszteni figyelmünket. A feladat korántsem oly könnyű, mint első pillanatra gondolnók, mert ha képesek vagyunk is megállapitani azt, hogy valamely testnek térfogata hogyan változik a hőmérséklet fokról fokra való növekedése közben, ezzel tulajdonképen még semmitsem értünk el, mert a nyert adatokból az anyagi testek nagy halmazára vezető analógiamus nem vonhatunk következtetést.

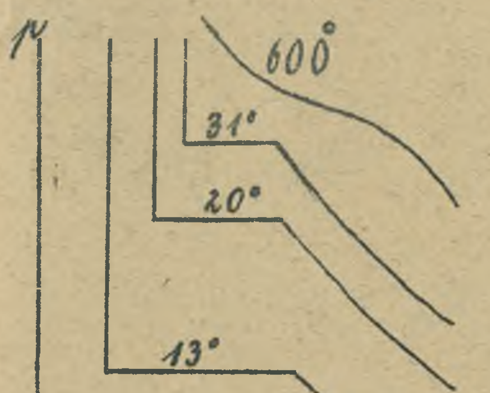
Mindazonáltal találunk módot arra, hogy a testek hő okozta térfogatváltozást legalább közelitő pontossággal meghatározhatjuk. E végből veszünk egy szilárd testet, mely minden oldalról egyenlő nyomásnak van alávetve s úgy egyenlő mértékben terjed ki melegedés közben s keressük ennek viszonyait. Legyen pl. valamely szilárd testnek hossza l ennek megváltozása $(1+\mathcal{E})$, szélessége l_1, a szélességnagyobbodás megint csak $(1+\mathcal{E})$ akkor a kérdéses test hossza lesz a hőmérsék növekedése közben $l(1+\mathcal{E})$ szélessége $l_1(1+\mathcal{E})$. A tér ilyen két irányban végbemenő kiteréseket csak nagy nehezen lehet lemérni, mert azok a millimeternek csak tört részeit teszik ki. Ezen eredményből már mostan az egész térfogat változást is megállapithatjuk, mely ily for

mely valamely zárt térben gőzével érintkezik - midőn a hőmérsék emelkedésével gőzének nyomása is megnagyobbodott - egy állandó magasságot foglal el, melyen túl nem emelkedik. Az oly gőzt, mely valamely térben saját folyadékával érintkezik telitett gőznek nevezetik. (Gőz elnevezés alatt ép úgy valamely testet kell értenünk, mintha gázról volna szó). A telitett gőzök nyomása, melyet gőzfeszültségnek szokás nevezni, az anyagi minőségről és a hőmérséklettől függ.
Hogy a feszültség mennyiben van befolyásolva a hőmérséklettől erre nézve általános érvényű törvényünk nincs s azért ismét egy táblázathoz kell fordulnunk, mely bizonyos anyagokra vonatkozólag minden egyes hőmérsékletnél a feszültséget szolgáltatja. Igy például vizgőzre vonatkozólag a feszültség: $-19°$-nél $= 1.0238$ m/m $0°$-nál $- 4.5$ m/m $20°$-nál $= 17$ m/m $100°$-nál $= 760$ m/m. A mint a kiterjedésnél empirikus képlet alakjában fejeztük ki a táblázatokat, úgy itt is iparkodunk egy táblázatnak megfelelő" tapasztalati képletet felállítani. Nyolcz ilyféle képletünk is van, azonban egyik sem felel meg kellő pontossággal a kivánalmaknak. A telitet gázok ismerete mellett képesek vagyunk minden nehézség nélkül leirni a cseppfolyós és légnemű testek közt létrejövő változásokat. lássuk
Ezek után, hogy történik valamely folyadéknak a gázállapotba való átmenetele. Ez két módon történhetik u.m. párolgás és forrás által.. Párolgásnak nevezzük azon jelenséget a midőn a gőzképződés a folyadék felületén történik.- Forrásnak pedig ha a gőz képződés a folyadék belsejében áll be.- ... A párolgás történhetik minden hőmérsékletnél, de csak addig és akkor ha az illető tér még gőzökkel nincs telitve, - a forrás ellenben csak akkor, ha a folyadék belsejében képződő gőzök feszültsége, legalább is egyenlő a külső lég nyomásával.

Kritikus hőmérséklet.

Ha valamely edénybben, mely dugattyúval van ellátva, folyadékjával érintkező telitett gőz van jelen. Ha a dugattyút letoljuk, a gáz nyomása nem változik meg, mert ez csak a hőmérséklettől függ. A dugattyú nyomása alatt a gáznak egy része le fog csapódni, mert csak így lehetséges, hogy a légnemű ugyanazon sűrűséggel birjon. Ha a dugattyút fölhuzzuk, azon esetben nyomás kisebbedés áll be: a tér, melyben a telitett gőz volt, mindinkább kevesebb folyadékot tartalmaz és néhány föl és alá huzás után a folyadék majdnem teljesen úgy hogy az edényben csaknem kizárólag gáz lesz.-

Vegyünk már most egy oly gáz tömeget vizsgálat alá, mely folyadékával nem érintkezik és kisebbitsük a térfogatát, akkor azt találjuk, hogy ennek megfelelően a nyomás nagyobbodni fog és pedig oly mértékben, mint azt Mariotte törvénye megszabja. Ha tovább feszitjük a gázt, vagyis a reáható nyomást növeljük, a folyósodás fog előállani és ha az így folyékonyá tett gáznak térfogatát tovább is kisebbitjük, roppant nyomásokat leszünk képesek előidézni. Ezen nyomás és térfogat közti viszonyt rajz által is feltüntethatjük. A szénsavra vonatkozólag következőleg állitjuk elő:



Mig a szénsavat gőzfeszültség el nem érte, addig a Mariotte törvénye érvényes reá; ha azonban a folyósodás beállt, a térfogat kisebbedés nyomás változás nélkül fog végbemenni s ez addig tart, mig a gáz egészen át nem alakul folyadékká. Midőn a szénsav egészen átment a folyékony állapotba, akkor a térfogat kisebbedése jelentékeny nyomást fog előidézni.- Az eszköz, melynek segélyével a szénsavnak magaviseletét kimutathatjuk, lényegileg nem más mint egy nyomó szivattyú összeköttetésbe hozva egy higanyal telt vas edénnyel, melybe a szénsavat tartalmazó cső merül. Ha egy folyékony s egy légnemű test érintkeznek egymással (mindkettő ugyanazon anyagú) s vizsgáljuk a köztük létező különbségeket, akkor azt találjuk, hogy ez annál kisebb, minél magasabb hőfok mellett érintkeznek. A gőz feszültség a hőmérsék emelkedésével igen gyorsan növekszik és ennek folytán a telitett gőz sürüsége is rohamosan nagyobbodik.- A folytán a térfogatváltozások kisebbednek s így a sürüségük is kisebbedni fog. Ha tehát valamely zárt térben ugyanazon folyadék és gázalakban van jelen; itt a test kétféle halmazállapotának megfelelő sürüségek a hőmérsék emelkedtével mindinkább közelednek egymáshoz és elérnek egy oly hőfokot, melynél a két sürüség egyenlő s akkor már nem szólhatunk folyadékról és gőzről, mert a tért egyformán töltik ki, a két halmazállapot közti különbség megszünik. <u>Azon állapotot, melynél a cseppfolyós és légnemű testet nem tudjuk egymástól megkülönböztetni, kritikus állapotnak nevezzük;</u> azon hőfokot pedig, melynél ez bekövetkezik <u>kritikus hőnek</u> mondjuk. Ezen hőfok a víznél 400°C aethernél 14°. stb.- A kritikus hőfokot régebben elhanyagolták semmi fontosságot nem tulajdonítottak neki, ujabban azonban kitünt, hogy ez különösen a különböző halmazállapotú testet összehasonlításánál igen is nagy szolgálatot tesz nekünk, mert általa képesek vagyunk, egyenlő sajátságaikat feltüntetni.

<u>Calorimetria.</u>

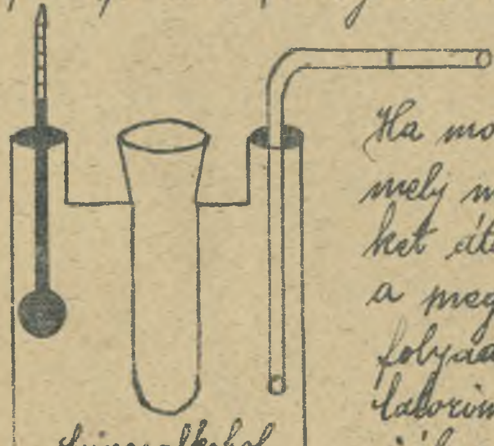
Ha a testeken észlelhető jelenségeket tanulmány tárgyává tesszük, akkor azon eredményhez jutunk, hogy minden azon változások, melyeket eddig tanulni ismertük, quantitativ összefüggésben állanak egymással. Egy változás önmagában sohasem jöhet létre, mert mindenik egymásik által van feltételezve. Így például egy test munkát nem végezhet egymagában, ott sebesség változásnak kell létesülnie. A felhozott példában a munka jelensége egymásikat vont maga után. Előfordulhat ugyan azaz eset is, hogy a munka sebesség változás nélkül megy végbe; ez azonban nem mond ellent a felállított szabálynak, mert ha például surlódás által, eszközlünk munkát ott a sebesség változás helyett meleg fog fejlődni. Ép úgy nem jöhet létre melegedés egymagában, hanem azt még egymás is kíséri.-

<u>A hőtannak azon ága, mely a testeken észlelt különböző változások közt a quantitativ összefüggést állapítja meg, calorimetriának nevezték.</u>

Hogy valamely testnek melegedése egy másiknak lehülésével megy végbe erre nézve a következő példát hozhatjuk fel: Vizbe dobnak 60 gramm ólmot mely 12° meleg, akkor ez lehül 10°ra; ugyanekkor 4 gramm viz 9°ról 10°ra fog melegedni. Ezen összetett jelenséget másképp is leirhatjuk, ha a hőmérséklet változás oka gyanánt a hőt veszszük fel. Azt mondjuk ugyanis, hogy a hőmérséklet változásokat előidézni hő arányos a változásokkal. Ennek értelmében a melegedés hő felvétellel, a lehűtés hő kiadással jár. Régenten ezen jelenségek oka gyanánt bizonyos anyagot vettek fel, mely állandóan megvan az egyes testekben. Jelenleg ezen okra vonatkozólag csak azt veszük fel, hogy mennyisége változatlan, mert a calorimetria szempontjából egész mintegy akár anyagnak, akár energiának tekintjük is a hőt. Ily alapon lehetségessé válik, hogy a jelenségeket egy egységes jelenség által lemérhetjük. Alapegység gyanánt egy gramm viznek a melegedése fogszolgálni 0°tól 1°-ig. Ily melegedés közben mely 0° és 80° között van. Ezen hőegységet másképp viz caloriának neveztetik. A caloria ismerete mellett képessek leszünk megállapitani, hogy valamely változás hány gramm viz melegedésével vagy lehülésével jár együtt. Ily szempontból vizsgálva az egyidejüleg föllépő jelenségeket, eszközökről is kell gondoskodnunk, melyek lehetségessé teszik a hő ilyetén lemérését. Ezen czélnak megfelelő eszközök calorimétereknek. Ilyen Például a Regnault által összeállitott caloriméter, melynek segélyével melegedéseket s lehüléseket lehet eszközölni. – Lényeges részeit két edény képezi, melyek faköpönyeg által vannak egymástól elkülönitve. A melegitett testet a folyadékkal telt edénybe belyezzük s ügyelmünk kell arra, hogy hőközlés másfelé ne történjék. Midőn már a folyadékot megmelegitettük akkor a keletkezett gőzöket görbitett csöveken keresztül a hidegvizet tartalmazó másik edénybe vezetjük, melynek melegedéséből határozzuk meg a kérdéses folyadék meleg mennyiségét. A kiserletezés szerint a viz tömege s hőmérsékletének változása méri le a jelenségek calorimetrikus értékét. Ha a viznek tömegét m-el, a hőmérsék változást $(t'-t)$ vel jelöljük, akkor $m(t'-t)$ adja a jelenség calorikus egyenértékét. –

A Regnault féle caloriméter nem ad pontos eredményt, mert a keletkezett meleg mennyiség nem fordíttatik egészben a víz felmelegítésére; a hő egyrésze a környezetnek átadva. Sokkal megbízhatóbb a Favre-Silbermann féle calorimeter. Áll az pedig egy vas golyóban egy mélyedés van, melyben kémcső van elhelyezve, ebbe öntjük azon víz mennyiséget, melynek melegmennyiségét meghatározni akarjuk. A vasgömb nem különben az üvegcső higannyal van megtöltve. Ha a higanyt melegítjük, ez ki fog terjedni és ezen térfogat változásból a felvett melegre vonhatunk következtetést l-el jelölve a higany fonál eltolodását, a felvett hőmennyiség $\underline{\alpha}$-el Ezen értékben azonban oly tényező fordul elő a $\underline{c}$, melyet ily eszköz segélyével le nem mérhetünk. Ha a víz caloriát V_c-nek nevezzük, akkor ez az előbbinek értelmében $=\overline{ch}$ E két egyenletet viszonyba hozhatjuk egymással s pedig: $\frac{V}{V_c}=\frac{c}{h}$. c-vel rövidítve $=\frac{V}{V_c}=\frac{c}{h}$. Ezen összehasonlítás alapján képesek voltunk a felvett meleg mennyiséget a c-is mereté nélkül meghatározni.

Calorimetricus méréseknél igen gyakori alkalmazást nyer a Woulf féle palack, melynek 3 nyílása van. A középső nyakba egy kémcső az innensőben egy capilláris cső u túlsóban egy thermometer van elhelyezve.



Színesalkohol.

Ha most a palaczkban elhelyezett kémcsőbe valamely melegített anyagot teszünk, akkor ezek hőjöket átadják a környezetnek, minek következtében a meghajlított csőben láthatóvá lesz a benne levő folyadéknak a kiterjedése.

Calorimetrikus méréseknél igen gyakran használják még a Bunsen féle jégcalorimétert, melynél a megolvadt jég mennyiségéből következtetünk a felvett hőmennyiségre. Ezen eszköz egy nagyobb edényből áll, melyben kémcső, ez utóbbiban pedig egy higannyal telt capilláris cső van elhelyezve. A kémcső jéggel lesz körülvéve, ha abban változásokat létesítünk, melyek caloricus változásokkal járnak, a jég meg fog olvadni, térfogata ezáltal megváltozik, melyből a felvett hőmennyiséget könnyen kiszámíthatjuk.

A mérések, melyeket ily calorimeterekkel végzünk, még nem értékel a pontosságnak azon fokát, melyet tőlök megkivánunk, mert a hőmérsék változások nem történnek teljesen elszigetelt térben.-
Midőn a jelenségeket calorimetrikus méréseknek vetjük alá, akkor eredményképen egy adathalmazt nyerünk, melyet regiztrálunak kell s ez táblázatokba való foglalás által történik. Legegyszerűbb viszonyokat kapunk a melegedésnél s lehűlésnél, ha a testeket tömegükben egynemüeknek tekintjük, mert ekkor minden részecskére ugyanolyan meleg mennyiség esik s igy a fölvett meleg a tömeggel arányos s a hőmérséklet változásaitól függő.
Képletileg $cm\cdot(t'-t)$ fejezi ki ezen hőmennyiséget, mely képletben m a tömeget, $(t'-t)$ a hőmérsék változást, c pedig egy állandó szorzót jelent.-
Hogy valamely test 0°-tól egy bizonyos hőfokig melegitve, mennyi hőt vesz fel, ezt graphikailag is szemlélhetővé tehetjük. E végből fölveszünk 2 derékszögű összrendezőt, melyek közül az egyik az összes fölvett hőmennyiséget, a másik pedig azon hőfokot jelenti, meddig a kérdéses test hevítve lesz.

Ha a $t^\circ = 30^\circ$, akkor a kapott görbe azon 2-3 hőmennyiséget fejezi ki, melyet a tömeg egység 0°-tól 30°-ig fölvett.-
A mértan tanítása szerint minden görbét egy egyenlet által lehet kifejezni: az itt kapott görbének is megvan a neki megfelelő tapasztalati képlete.
Igy a vizre Regnault számitatta ki 0°-tól valamely t°-ig. E szerint az összes felvett meleg mennyiség a vizre vonatkozólag $Q = t + 0{\cdot}00002t^2 + 0{\cdot}0000003t^3$ aeth-aethek 28 + 100 közt $Q = 0{\cdot}529t + 0{\cdot}000296t^2$. Láthatjuk a két példából is hogy a különböző testek által felvett hőmennyiség nagyon is eltérő.

A fajhő.

Ha valamely hőmérséki közben felvett hőmennyiséget elosztjuk a hőmérséklet változásaival, akkor egy oly számot kapunk, mely kifejezi, hogy va-

lamely testnek egyegy fokkal való fölmelegedésére mennyi hő kívánta-
tik. Ezt a hőt közép faj hőnek nevezzük, C-vel jelöljük. A fajhő tehát $C^z = \frac{Q}{t_2 - t}$. Csakis akkor ismerjük a testek hőmagatartását tökéletesen, ha minden egyes közre külön-külön meghatároztuk a faj hőt, azon határérték, melyhez a fajhő közeledik akkor, midőn a hőmérséki közt minden képzelhetőnél kisebbnek vesszük, igazi fajhőnek neveztetik. Fajhő alatt tehát azon hőmennyiséget értjük, melyet valamely testnek tömegegysége fölvesz akkor, midőn hőmérséklete egy fokkal változik meg.

A testek calorimetrikus változásainál tekintettel kell lennünk azon körülményekre is, melyek között a melegedés vagy lehűlés bekövetkezett. Tudjuk, hogy a calorimeterben a testek térfogat változást szenvednek, mely térfogat változás a szilárd és cseppfolyós testeknél nem oly jelentékeny, a légneműeknél azonban nagyobb semhogy figyelmen kívül lehetne hagyni. Regnault szerint a gázok faj höje a nyomástól, mely alatt állanak, független. A légneműek fajhöjének állandó nyomás melletti vizsgálata sok nehézséggel jár, mivel tömegük igen nagy helyet foglal el. Igy ha csak 100 gramm gázt veszünk is a kísérlethez, az már 47 köbcentiméternyi tért fog kitölteni. Hogy ezen nehézségeket kikerüljük, azért a légneműek fajhöjének meghatározására szánt calorimétereknek különös, de a czélnak megfelelő alakot kell adnunk, úgy mint Regnault tette. Mindenekelőtt bizonyos gáztömeget kell a calorimeterbe vezetnünk egy légtartóból. Hogy a reservoire gázmennyiséget ismerjük, tudnunk kell, mekkora a légtartó térfogata s a nyomás, melynek alá van vetve. Ennek kimutatására egy manometer szolgál. A levegőt melegített állapotban kell a caloriméterbe vinni, azért megelőzőleg olajfürdőben hevítjük s kígyózatos csöveken át a vízcaloriméterbe vezetjük. Ezen eszköz több szekrénykéből áll, s a benne levő víz a behatoló gáztól föl fog melegedni, mely felvett hőből azután következtetést vonhatunk a gázok fajhöjére. A levegő mennyisége, a légtartó térfogata s azon csekély nyomás változás, mely esetleg a levegő átbocsátásánál előáll, szabják meg azon meleg mennyiséget, melyet a

viz fölvett.
Hogy a nyomás, melynél a levegő áthalad, lehetőleg állandó legyen, e végből egy csap van a reservoirceon alkalmazva, mely kis nyilást nyit meg s ezen át lassan áramlik a levegő. A nyomás, melyet ily légtartónál létesitünk csak kevéssé fog eltérni a rendes légköri nyomástól.-
A szilárd és cseppfolyós testek általában kisebb fajhővel birnak mint a viz, melynek fajmelege egységül vétetik; a gázok közül egyedül a Hydrogén az, mely nagyobb fajhővel bir mint a viz: 3·4090.-
Ha valamely anyagi test különféle halmazállapotban fordul elő, akkor minden halmazállapotnak megfelelőleg más s más lesz a a fajhő. Igy pld. a viznek egy jégnek 0·42, vizgőznek 0·48. A felhozott példából is látható, hogy legnagyobb fajhővel bir az anyag cseppfolyós, legkisebbel szilárd állapotban. Oly anyagok, melyek bizonyos körülmények folytán különböző mollekuláris szerkezettel birnak, eltérő fajmeleggel is birnak. A graphité 50°-nál 0·1138, a gyémánté 0·0083.-
A szilárd és folyékony testek fajhőjére vonatkozólag általános érvényű törvényt nem állithatunk fel, mert egy és ugyanazon testnél is különböző a fajmeleg a sürüség hőmérséklet s halmazállapot szerint. söt a fajhő változásoknál sem lehet valami törvényszerüséget felismerni, mert eme változások sok esetben aránytalanul nagyobbodnak. Kivételt képez a gázok fajhője, melyre Regnault azt állapitotta meg, hogy állandó nyomás mellett állandó törvénynek hódol.
A Hydrogén, Oxygén és levegő fajhője mint a melyekre leginkább áll a Gay-Lussac - Mariotte féle törvény állandóbb mint azon gázoké, melyek ezen törvénynek nem hódolnak kellő pontossággal. Ilyenek a szénsav, kénessav, melyeknél a fajhő állandósága csak csak közelitésben van meg.-
Hogy a különböző halmazállapot változások miféle calorima-

rikus változásokkal járnak együtt azt már az eddig tárgyaltak-ból is kivehetjük, de még inkább ki fogjuk mutathatni, ha a folyadékokndk gázállapotba való átmenetelérõl is szóltunk. Ezt megelõzõleg egy táblázatba foglaljuk összemind ama jelenségeket, melyek a térfogatváltozásnál elõjönek és pedig úgy hogy a baloldalon levõk a jobboldaliaknak felelnek meg és viszont. Ezen táblázat értelmében az olvadás hõfelvétellel, a fagyás pedig hõ kiadással jár. Hogy ez csakugyan így van, azt azon mindennapi pelda is bizonyítja, midõn a víz lehûlését a beléje helyezett jég olvadása által eszközöljük.

Hõfelvétel	Hõfogyás
melegedés.	lehülés.
olvadás.	fagyás
gõzé változás	lecsapodás
vegybomlás	égés
mech. erély nagyobbodás	mech. erély kisebbedés.

Hogy a fagyás viszont melegedéssel jár, erre is tanulságos példát szolgáltat a közélet. Így ha a víztartó edényt hideg helyen tartjuk és minden rázkódtatástól gondosan óvjuk sikerül a vizet annyira lehûteni, hogy a bele állított hõmérõ -10°C mutat; ha mármost e vizet bármikép is mozgatjuk meg hirtelen jéggé fagy, de egyúttal a thermometer higanya is 0°C.-ra száll föl, jeléül, hogy a fagyásnál meleg képzõdött.

Ha alkeneccsavas nátriumot szilárd és folyékony állapotban ugyanazon lombikba hozzuk, ott a folyadék annyira lehûl hogy megfagy, fagyásnál azonban oly meleg mennyiség fejlõdik, mely a felette levõ aethert forrásba hozza.

Mindama jelenségek, melyekrõl az imént szóltunk, quantitativ összefüggésben vannak egymással. Ennek kimutatása semmi nehézséggel sem jár; a fölvett meleg mennyiség függ az anyag mennyiségétõl és a minõségétõl. A test olvadásánál fölhasznált hõ függ a tömegtõl (m) és egy állandó szorzat (c) melyazt fejezi ki hogy a test egy köbcentiméterre mennyi meleleget vesz föl az olvadás alkalmával. Ezen hőt olvadási melegnek nevezzük. O-vel jelölve valamely anyagnak határa közben felvett melegmennyiséget az = mc-vel, vagyis a tömeg szorozva a fajmeleggel. Az olvadás jelensége valamely testre vonatkozólag mindig ugyanazon körülmények között megy végbe, ha a nyomás változás nem igen jelentékeny. Pl. a jég olvadása rendesen 0°-nál történik. Az olvadási hő szintén függ a mellékes viszonyoktól, minthogy azonban a nyomás változással igen csekély mértékben változik meg, azért az egyes testekre vonatkozólag állandónak tekinthetjük. Az olvadási hőt régenten lappangó vagy rejtett melegnek nevezték, mert azt találták, hogy ha a hőmérőt olvadó jégbe mártották, ez mindig 0°-ot mutatott az olvadás alatt, bármennyire melegítették is az edényt. A jég olvadás hője 80 k. /: pontosabban 79·25 kg :/ mely szám azt jelenti, hogy midőn 1 gramm jég egy gramm 0°-u vízzé alakúl 80 hőegységet vesz fel a környezetből. Person szerint az ólom olvadási mérlege 5·59, a kéné 9·368, az ezüsté 21·07, higanyé 2·83, platináé 27 k. Ugyanezen jelenségeket észlelhetjük akkor is midőn a cseppfolyós testek légneműekbe mennek át. Az átmenet a gázállapotba, mely tünemény gőzképződésnek neveztetik lehűléssel; a folyósodás v. lecsapódás pedig melegedéssel jár. Hogy az elpárolgás hűt, sokszor van alkalmunk tapasztalni; a felöntözött szobában vagy utczán hűvösebb lesz a levegő; fürdés után fázunk, kivált ha a párolgás gyorsabban történik; a kezünkre csöppentett aether érzékenyen hűt, mert hirtelen párolog el; likacsos, mázatlan agyagedények, melyeken a víz átszivárog és elpárolog, vízhűtő edényekül szolgálnak. Még inkább szembetűnnek e jelenségek akkor, ha gyorsan párolgó anyagokat veszünk vizsgálat alá. Így ha egy aethert tartalmazó platin tégely egy vízzel telt edénybe helyezzük, az aether gyors párolgása következtében a te-

zely oda fagy a jéggéfagyott vízhez annyira, hogy az edényt a fadobozzal együtt fölemelhetjük. A folyékony szénsavnak gőzfeszültsége 40 légköri nyomásnak felel meg. Ezen nagy nyomás mellett, ha egy csőbe bocsátjuk, gőzállapotba megy át, mely alkalommal annyira lehül, hogy 50°-60°-al a nulla alá kerül s megfagy.
Ha az ilyen szilárdított szénsavra még aethert öntünk, annak gyors párolgása alkalmával a szénsav annyira lehül, hogy a belé helyezett higany kalapácsolható szilárd tömeggé fagy.-
A mi ezen jelenségek quantitatív viszonyainak leirását illeti, az oly módon történik mint az olvadásnál; azt a meleg mennyiséget, melyet a test fölvesz, midőn cseppfolyós állapotból légneműbe megyen át, ép úgy mc-vel teszük egyenlővé mint az olvadásnál. Az átalakulás eredménye azonban, a hőfokot illetőleg más lesz a légneműeknél. Midőn valamely szilárd test állapotba megy át, akkor tudjuk, hogy a keletkezett folyadék 0°-ú. ha azonban a víz gőzzé alakul, azon esetben nem mindegy, hogy mily hőmérsékű az átalakuló folyadék, mert ha 100°-víz lesz gőzzé, akkor a nyomás 760 $^{m}/_{m}$; nulla fokú gőznél pedig 40 $^{m}/_{m}$ a nyomás.
Azon hőmérsékletet is tekintetbe kell tehát vennünk a gőzölgésnél, a melynél a légnemű állapot bekövetkezik. Az összes hőmennyiség, melyet a víz tömege fölvesz akkor, midőn 0°-tól t°-ig melegszik s ott gőz állapotba megy át egyenlő 606·5+0·305t. Ha az összes hőt h-val jelöljük, azon esetben h=606·5+0·305 t. Ezen egyenlet azt fejezi ki, hogy midőn 0°-ú víz 0°-ú gőzzé alakul, akkor 606·5 hőegységre van szükség, mert $h_0 = 606·5+0·305×0 = 606·5$. Ha $t = 100°$, $h_{100} = 606·5 + 0·305 × 100 = 606·5 + 30·5 = 637$ hő egység. Hogy mennyi meleget vesz föl a 0°-ú víz, midőn 100°-ú gőzzé lesz, azt a kapott eredményből igen könnyen kihozhatjuk.
A lappangó hőt a jelen esetben úgy számítjuk ki, hogy h_{100} = 637 ből levonjuk azon hőmennyiséget, melyet a gáz tömegegy-

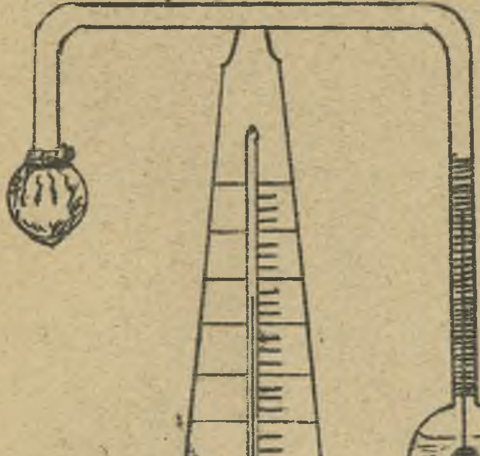
sége felvesz, 0°-tól 100°-ig való melegedés közben és ez egyenlő 637-100 = 537-el. A rejtett hőt a légneműeknél párolgási hőnek nevezzük, és értjük alatta azon hőmennyiséget, melyet valamely folyadék tömegegysége fölvesz akkor, midőn ugyanazon hőmérsékletű gázzá alakúl át. A kalorimetrikus jelenségek tárgyalásainál említést kell még tennünk bizonyos más tüneményekről is, melyekre a kalorimetria utján szerzett ismereteinket igen czélszerüen alkalmazhatjuk. Ilyen jelenség például:

A légnedvesség.

A levegő gázkeverék; fő alkatrészei az Oxygén és Nytrogén, melyek oly módon keverednek össze, mint azt a Dalton féle törvény megkivánja: t. i. teljesen kitöltik azon tért, melyben vannak és a gázkeverék nyomása egyenlő az egyes alkatórészek nyomásainak az összegével. Folyadékoknál ez nincs így.- Ha valamely gázkeveréket elemezni akarjuk, elég az egyiket elvonnunk, mert a visszamaradt légnem ép úgy kitölti a tért, ép oly nyomást fog gyakorolni, mint annakelötte. A levegőben az Oxygénen és Nytrogénen kivül még más gázok is vannak jelen, ezek: a szénsav, ammoniak, de különösen nagy mennyiségű vízgőz, mely a levegőnek jelentékeny részét képezi, mivel a víz párolgása nagy mennyiségű vízgőzt kölcsönöz a levegőnek. Szigorú analysalásnál az egyes alkatórészeket chemiai úton kell külön választani, ezen eljárás azonban oly bonyodalmas, hogy közleg járulékos alkató részeinek kimutatásánál előnyösen nem alkalmazható. Ha a levegőnek vízgőz tartalmát absolute ismerni akarjuk, azt megtudhatjuk oly módon hogy ismert mennyiségű levegőt calciumon vezetünk át, midőn is az elnyelt víz a levegő vízgőz mennyiségét fogja szolgáltatni.-

Midőn valamely folyadék szilárd testen elterjed, akkor az illető testet nedvesnek mondjuk; a levegő is azon esetben nevezhető nedvesnek, ha a környezetében levő tárgyakat nedvesíteni képes. Tudjuk azt, hogy a gáz állapotból a folyékonyba akkor történik az átmenet, midőn a gáz telített gőzzé válik. Egy olyan tér tehát, mely telített gőzzel van megtelve, folytonosan nedves. Ez alapon a levegőre is akkor mondjuk, hogy egészen nedves, mikor telített gőzzel van telve. Általában a levegő nedvessége alatt egy oly számot értünk, mely megmutatja, hogy a levegő hányad részét foglalja magában azon vízgőznek, melyet adott hőfok mellett magában foglalhatna. A nedvesség tehát azon viszony, mely a tényleges és a lehetséges víz gőz tartalom között van. A relativ nedvességet százalékokban fejezzük ki, ha a $N = 100$ akkor azt egészen nedvesnek mondjuk és viszont.

A levegő nedvességét kifejezhetjük még azon viszony által is, mely a gőz nyomása és a feszültség közt fönáll. Ha p-vel jelöljük a nyomást, f-el pedig a gőzfeszültséget, azon esetben a levegő nedvessége egyenlő $\frac{p}{f} = \frac{\text{vízgőz nyomása}}{\text{vízgőz feszültsége}}$. A légnedvesség kimutatására többféle eszközünk van, ezek közül igen elterjedt a Dániel féle Hygrométer. Lényeges részét egy hajlított üvegcső képezi, mely mindét végén gömbben végződik. Az innenső golyóban hőmérő van elhelyezve és aetherrel megtöltve. A baloldali golyót csalán szövettel veszszük körül s aethert csöpögtetünk reá. Az aether kiöntés után oly gyorsan párolog el, hogy a gömb és a vele összeköttetésben levő cső teljesen lehűl. A lehűlés folytán a környező vízgőz mennyisége a golyóra lecsapodik, a mit az eszközre elhelyezett aranylemeznek elhomályosodása árul el. Azon hőfokot, melynél a lecsapodás bekövetkezik, az eszköznél alkalmazott thermometer mutatja ki. Minthogy a természetben a vízgőz lecsapodása első sorban mint harmat mu-



Dániel f. hygrométer.

tatkozik, azért Dániel által készitett nedvesség mérőt harmat pont mutatónak is nevezzük.-
Egy másik ily féle eszköz az August féle nedvesség mérő" mely két hőmérőből áll. Az egyiknek gömbjét szövettel veszzük körül és egy gyorsan párolgó folyadék fölé helyezzük oly képen, hogy a szövet a folyadékkal érintkezik.-
A folyadék által megnedvesitett hőmérő a párolgás folytán tetemesen lehül, minek következtében a thermométer higanya is alá száll, mely sülyedés addig tart, míg a hőmérőnek párolgása folytán vesztett hőmennyisége egyenlő lesz a környezetből fölvett meleggel. A párolgás annál gyorsabban történik minél nagyobb a tényleges nyomás és a vízgőz feszültsége közti különbség.-
A levegő vízgőz mennyiségének növekedését, vagy csökkenését, hajszálak és húrok által is kimutathatjuk. A hajszálak ugyanis azon sajátsággal birnak, hogy a vízgőzöket fölszívják s így megnyúlnak; a kifeszitett hajszál tehát megnyúlik, ha a levegő nedvesebb, ellenben összehúzodik, ha száraz a közleg; a hajnak egyik végét mutatóval hozván összeköttetésbe, ennek mozgása által megítélhetjük, mily mértékben húzódott össze vagy nyúlt meg a hajszál.-
A nedvesség mérőkkel kapcsolatban említést tehetünk még Carre jégkészitő eszközéről is, melynél egyrészt a gőzképződés, másrészt a lehülés által létrejövő lecsapódás szerepelnek. Ezen eszköz két edényből áll, melyek egy cső segélyével összeköttetésben vannak egymással. Az egyik edényben ammoniáknak tömény víz oldata foglaltatik, a másik pedig üres s vízbe van helyezve. Oly módon is készitik illetve rendezik be ezen eszközt, hogy az egyik edény vizet tartalmaz a másikban pedig aether van. Az aether gyors párolgása következtében a folyadék annyira le fog hülni, hogy jéggé fagy. A párolgást az által szokták fokozni, hogy a képződött gőzöket szivattyú segélyével rögtön eltávolítják.-

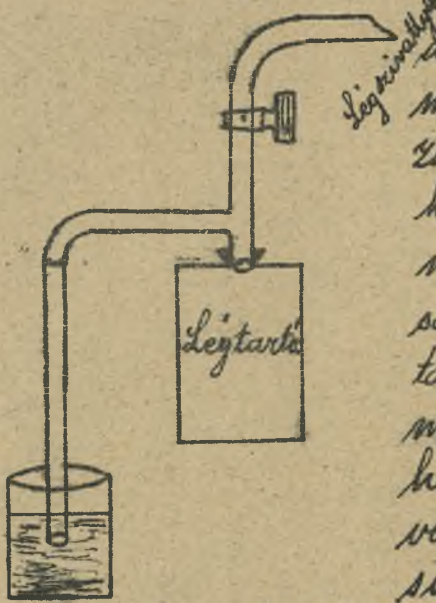
A mechanikai erély.

A melegedés és lehülés jelensége nem csak a térfogat és halmazállapot változásoktól kapcsolatban jön létre, hanem más tüneményeknek kiséretében is mutatkozik. Ha valamely mozgást veszünk vizsgálat alá akkor az erély megmaradási törvénye értelmében az összes mennyiségének állandónak kell lenni; de pusztán csak a mechanikai jelenségeket tekintve nem találjuk igazolva ezen szabályt, azért e tüneménynél föllépő mellékes körülményekre is ki kell terjeszteni figyelmünket. – Minden oly jelenségnél, hol a mehanikai erély mennyiségben változás állott be rendesen hő keletkezik. –

Mielőtt az erőművi behatások által keletkezett hőről részletesen szólnánk, említést kell tennünk az égési melegről is. Ha az égésnél keletkező hőt kalorimetrikus méréseknek vetjük alá, akkor azt találjuk, hogy annak nagysága az anyag mennyisége és minőségétől függ. Bizonyos anyag égésénél keletkező meleg mennyiség az illető anyag tömegegységére nézve állandó. Égési melegnek azon hőmennyiséget nevezzük, mely valamely test tömeg egységének elégésénél keletkezik. Az összes hő, mely ily alkalommal létre jön, szintén = mc vel vagyis az égésmeleg szorozva a tömeggel. A szén égés melege 8080 hőegység, mely szám azt fejezi ki, hogy egy kilogramm szén elégésénél oly meleg fejlődik, mely képes 8080 kilogramm vizet 0°ról 1°ra melegiteni. –

Bárminképen hassanak is a testek egymásra, ha az erély mennyiségében változás állt be, akkor hő keletkezik. Köznapi tapasztalásból tudjuk, hogy súrlódás, ütés, nyomás meleget gerjeszt. Dörzsölgetjük kezünket ha fázik, a gyufát dörzsölés által hevitjük annyira, hogy a gyuladás hőmérsékét elérje; száraz fadarabokat erősen egymáshoz surolva lángra lehet lobbantani, stb. Hasonló képen nagy meleget fejleszthetünk nyomás által is, például szolgálhat erre a légtüzszerszám, melynél a dugattyúval hirtelen összeszoritott levegő annyira megmelegszik, hogy a dugattyúra helyezett taplót meg is gyujtja. Ezen dolognak lényege abban áll, hogy az erélyváltozás kiséretében hő keletkezett. A dugattyú nyugalmi helyzetében ugyan azon légköri nyomás alatt áll; betolása közben azonban az alulról jövő nyomás nagyobbodott s így az edényben lévő levegő kisebb térfogatra szoríttatik, mely munkának megfelelően aztán hő fejlődik.–

Hogy a levegőnek kiterjedése lehűléssel, összenyomása pedig melegedéssel jár, azt nem csak e czélra berendezett eszközzel mutathatjuk ki, a mindennapi élet is elég példát szolgáltat erre nézve. Midőn beszélünk, vagy általában a hang tovaterjed a levegőben; ezek oly erők hatása alatt jönnek létre, melyek térfogat változásokat idéznek elő.– Annak kimutatására, hogy a levegő eltolása közben hőmérsék változás áll elő, szolgál a Klein és Détoron féle kisérlet. Áll ez egy légtartóból melyet szivattyúval s egy folyadékba merülő manométer csővel kötünk össze. Ha a szivattyú segélyével a a légtartó levegőjét megritkítjuk, melynek jelét a mméterben felemelkedő folyadék jelzi, be áll egy bizonyos egyensúly. Ha most a levegőt a készüléken elhelyezett csapon ismét bebocsátjuk, míg a mméterben a folyadék alá szállt, azt ismét gyorsan bezárjuk. Ezek megtörténte után azt tapasztaljuk, hogy a mméterben a folyadék ismét felemelkedik, jeléül a levegő lehűlésének. Azt gondolhatnók, hogy a levegő térfogat változása alkalmával létrejövő hőfok változások magától a levegő sűrűségétől és ritkulásától függnek. Ez azonban

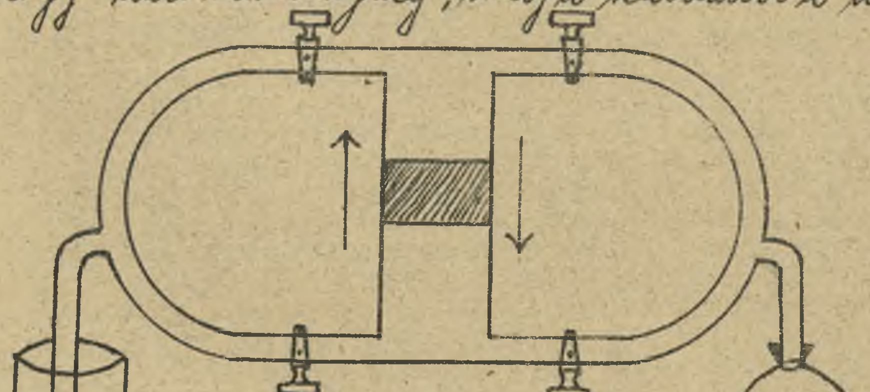


nem áll; a keletkezett meleg nem a sűrűség változásoktól, hanem azon jelenségtől függ, mely ezen változásokat kísérni szokta.

A gőzgépek.

Azon viszonyt, mely a mechanikai erély és hő között fönáll, igen czélszerűen fölhasználhatjuk egyes szerkezeteknél, melyek által jókora munkát végezhetünk. Különösen akkor alkabkalmazhatók nagy előnnyel ezen gépek, ha a nehézségerő ellenében, tehát positiv

munkát akarunk végezni.-
Midőn a mechanikai erély gyarapszik, azt mondjuk, hogy munkát végzünk; a munka nyerés tehát akkor áll elő, ha az erély nagyobbodik. Az erély növekedése hő hozzájárulása által történhetik, mint az a gőzgépeknél észlelhető.-
Ezen kalorikus gépek lényeges részeit képezi a kazán, melyben vizet melegítünk mindaddig míg ez gőzzé alakúl. A katlan vagy kazánban fejlődő gáz hőmérséke nagyobb lesz 100°-nál, mert a közönséges légköri nyomásnál jóval nagyobb nyomást alkalmazunk, és pedig minél nagyobb a folyadékra ható nyomás, annál magasabb a forrpontja s így gőzzé alakulása is. Ezen túlhevített gőzt egy a gépnél alkalmazott dugattyú alá bocsátjuk, miközben kiterjed s a dugattyút föltolja. A gőz ezen kiterjedése közben lehül és csak is akkor lesz képes további iselmozdulásokat létesíteni, ha hőt közlünk vele, de a kiterjedés után le kell hűteni, mert akkor az alsó nyomás megszűnik és a dugattyú saját súlyánál fogva le fog nyomulni. Egy gőzgép működésénél tehát ép oly fontos a meleg közlése mint a lehűtés.-
A gőzgépeknél fölhasznált gőzt vagy a szabad levegőbe bocsátjuk ki, vagy pedig sűrítőbe, a hol a befecskendezett víz a gőzt lehűti, megsűríti ez tehát lecsapódik s nyomó erejét elveszti.- A kalorikus gépekkel munkát csakis azon esetben végezhetünk, ha a kazánból meleget viszünk át a hűtőbe, ez a Carnot féle tétel. A tapasztalás azt bizonyítja, hogy az a hőmennyiség, mely a katlanból a hűtőbe vitetik, a géppel közlött összes hőnek mintegy $\frac{9}{10}$-részét teszi ki.-



XX.

A Vatt Jakab féle gőzgépnek részeit képezik: egy köpű, mely egyik oldalán a kazánnak, a másikon pedig a hűtővel áll összeköttetésben. A gép működé-

sénél csak arra kell ügyelnünk hogy a gőz a dugattyú letolása al-
kalmával a dugattyú fölé, feltolásnál pedig alája kerüljön. Hű-
tő gyanánt mint említettük vagy a levegőt vagy pedig vizet alkalmazunk.
Keressük már most azt, hogy az erélyváltozás mily fajta melegedés-
sel jár. A feladat azonos lesz azzal, a mit az égésnél és a halmazál-
lapot változásoknál végeztünk.
A hő mely a mechanikai erélyváltozása alkalmával keletkezik, a-
rányos lesz ezzel. A halmazállapot változásoknál azt mondottuk
hogy a keletkezett meleg mennyiség az illető anyag mennyiségé-
és minőségétől függ. Itt is vizsgálnunk kell azt, vajjon a hőmeny-
nyiség függ e az erély változás nemétől. E tekintetben a tapasztalat
azt bizonyítja, hogy a melegváltozás az erélyváltozással arányos,
függetlenül az erély minőségétől. Kérdés most már, hogy mi az
erélyváltozás hője, vagyis mily nagy a mechanikai erély hőegyen-
értéke. Ennek meghatározására leg jobb mód a Joule féle kísérlet,
ő ugyanis oly eszközt használt, melynek segélyével sikerült kimu-
tatni, hogy a munka egyenlő az alásső súly s az út szorzatá-
val. Az eszköz szélkerék mintájára van készitve, a melynek lapát-
jai vizben mozognak. Ezen készülék gyors forgatása közben a
viz fölmelegedik, a mely hőnagyobbodásból a keletkezett hő s az
alkalmazott mechanikai erély között arányt állithatunk fel. Jou-
le és még többen ő utána azt találták, hogy 1 kaloria hőnek 425
mtr. kgr. munka felel meg s igy 1 mtr. kgr. erély egyenlő $1/425$
kaloriával.
A melegedés és lehüléssel járó jelenségek, minők: olvadás, fagyás, gőzkép-
ződés, lecsapodás; mechanikai erély növekedés, ezek között föllépő
quantitativ viszonyokat megállapitottuk a nélkül, hogy okát adtuk
volna eme jelenségeknek; feladatunk most ezen tüneményeket o-
kaikra visszavezetni.
Régenten azt gondolták, hogy mindeme hőjelenségek oly agens
által létesittetnek, mely az anyag jellegével bir, ámde azon ne-
vezetes tulajdonsága van, hogy súlytalan s mennyiségét illetőleg

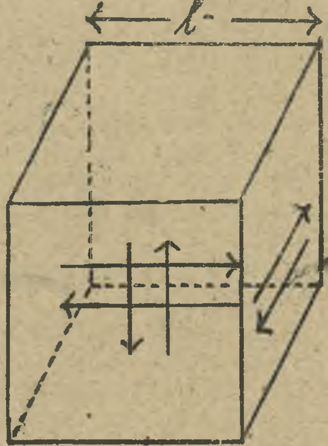
változatlan. Ezen hypothesis alapján úgy magyarázták a melegedés és lehűlés jelenségét, hogy valamely test akkor melegedik föl, ha ezen súlytalan anyagból bizonyos mennyiséget vesz fel, lehűl pedig a test akkor, ha a tartalmazott hőnek egy részét a környezetnek adja át. Ép ily egyszerűen magyarázhatjuk meg ezen elmélet alapján a halmaz állapot változásokat is. A jég megolvadása lehűléssel kapcsolatos; s az olvadó test melegét a halmazállapotát megváltoztató test veszi föl.

Ezen hypothesisből kimagyarázhatjuk az összes hőjelenségeket, csak azt nem, hogy az mechanikai erély hogyan alakul át hővé s azért egy újabb elméletet kellett fölállítani, melyből valamennyi ide tartozó tüneményt kimagyarázható. Az újabb vizsgálódások alapján kitűnt, hogy a hő nem valamely súlytalan anyag, mint azt a hőanyag-/: Phlogiston:/ elmélet állította, hanem az erélynek egy neme, mely ép úgy hódol az erély megmaradás elvének, mint bármely más energia. Hogy ezen föltevés helyességét igazolhassuk, föl kell használnunk azon jelenségeket, melyek a testek molekuláris összetételére vonatkoznak; e szerint föltesszük azt, hogy a különböző anyagok végtelen részekből-molekulákból- vannak összetéve, melyek nem töltik ki teljesen a tért, hanem egymástól bizonyos távolságban állanak. Ezen molekulák bizonyos vonzó erőt gyakorolnak egymásra, melynek következtében egymás irányában helyzetöket is változtatják. Minden testet végtelen sok molekulákból összetettnek kell gondolnunk s a molekulák összegét, mint naprendszerünket képzeljük, melyben az egyes égi testek egymásra való kölcsönös hatásuk következtében egymás irányában mozognak; sőt a naprendszerben erély változások is léphetnek föl, melyek folytán a bolygók a naphoz közelednek. Ha a hőt erélynek tekintjük, s ha a hőváltozás erély változással jár, akkor föl kell tennünk, hogy az egyes testeknek bizonyos belső erélylyel kell bírniok, mely erély a molekulákban székel. Midőn

tehát valamely test fölmelegszik, akkor a belső erélye növekedett, s viszont csökken az erély, ha az illető test lehül. A melegedés és lehülésnél tehát nem történt egyébb mint hogy egy részről a belső erély gyarapodott, másrészről pedig a lehült testben az erély csökkent.
Az erély megmaradás elvénél fogva valamely test összes erélye állandó; ha azonban csak az észlelés közben lemérhető erélyt tekintjük, akkor ezen tételt igazolva nem találjuk s azért ki kell terjeszteni figyelmünket azon melléken körülményre is, mely az erély változással kapcsolatban van s ez nem más, mint az imént említett belső erély, vagyis a hő.
Hogy állításunkat példával is igazoljuk, vegyük azon esetet, midőn egy 10 kgr. sulyú test 20 mtr magasról esik alá. Ez esetben közvetlenül le tudjuk mérni az erély egyik nemét, t.i. az esés közben föllépő mozgási erélyt a C. G. S. rendszer szerint, ez azonban még nem a test összes erélye, hanem hozzá kell adnunk azon belső erélyt, mely a testben esés közben hő alakjában föllép. Az erély egyenleteinek fölállításánál azonban megjegyzendő, hogy eredményünket csak akkor lesz helyes, ha a hő számértékét megszorozzuk a hő mechanikai egyenértékével. A példát általánositva az összes erély $\mathcal{E}_1 = d\varepsilon + Hq = 0$, a mely képletben $d\varepsilon$ a mechanikai erély változást, Hq pedig a hő erély változást fejezi ki ezen összege pedig 0-val egyenlő.
Keressük ezek után a gázoknál jelentkező erély változásokat. Ha valamely légnemű testet elzárunk, s oly módon melegitjük, egészen más eredményt kapunk, mintha a gáz szabad térben melegittetik. Vizsgálódásainknál két extrém esetre leszünk tekintettel, t.i. a gázok állandó térfogat s állandó nyomás mellett való hevitésére. Ily szempontból vizsgálva a légnemű testeket, azt tapasztaljuk, hogy ezek <u>kiterjedéseinél</u> az erély nem változik, vagyis a molekulák között lévő erély mindig ugyanaz marad, holott korlátolt határok kö-

zött hevítve a a légnemű test részei között a felhasznált hő-mennyiségnek megfelelő belső erélyváltozás lép föl. Mily viszonyban állanak azon hőmennyiségek, melyeket a gázok ezen két különböző esetben fölvehetnek? Ennek kimutatására hevítsük a gáztömeget <u>állandó térfogat</u> mellett s tapasztalni fogjuk, hogy a közölt hőmunkát nem létesít a környezetben, hanem a test belső erélyének növelésére fordíttatik, holott <u>állandó nyomás</u> mellett hevítve a légnemű testeket azt veszszük észre, hogy a felvett hő belső erélyváltozást nem létesít, hanem a mechanikai erélyt gyarapítja s ez abban nyilvánul, hogy a gáz kiterjedés közben a ránehezedő légtömeg nyomását legyőzni iparkodik. Eklatáns példát szolgáltat erre nézve a gőzgépeknél működő dugattyú, melynek schemáját az itt látható ábra mutatja, melyben p a felület egységre gyakorolt nyomó erőt q a dugattyú keresztmetszetét, l pedig a dugattyú két helyzete közötti elmozdulást jelzi. Azon erő, melyel a dugattyút lenyomjuk $= pq$-val vagyis a keresztmetszet és nyomás szorzatával. Ezen erő által végzett munkát úgy kapjuk meg, hogy a nyomó erőt megszorozzuk az elmozdulással (l) A végzett munka tehát pql-el egyenlő. Ezen képletben ql a gáznak kiterjedése közben föllépő térfogat változást jelenti s e szerint a munkát úgy is megkapjuk, ha a nyomást a térfogat nagyobbodással megszorozzuk. A térfogat változást p nyomás és t hőmérséklet szerint a Mariotte törvény értelmében következőleg fejezhetjük. $V_{pt} = V_{po}(1+\alpha t)$ a mely képletben a V_{po} az olvadás hőmérsékletének s a p nyomásnak megfelelő térfogatot jelzi. Ha az egyenlet jobboldalán álló szorzatot végrehajtjuk akkor $V_{po}\alpha = V_{po} + V_{po}\alpha t$. A térfogat nagyobbodása tehát ezen esetben $V_{po}\alpha t$. Az erélynagyobbodás két tényezőtől függ: a nyomástól s a térfogat változásoktól; képletileg egyenlő $\frac{1}{K} V_{po}\alpha p$. Az $\frac{1}{K}$ azért szerepel ténye-

zönként, mert a mechanikai erélyt hő alakjában fejeztük serre nézve pedig megjegyeztük volt, hogy midőn a munka energiát belső erélyé alakítjuk át, akkor a neki megfelelő számértéket a hőegyenértékkel meg kell szoroznunk. Legyen valamely gáznak állandó térfogat mellett a fajmelege c_v, állandó nyomás mellett pedig c_p. akkor $c_p = c_v + \frac{1}{K} p\, v_{p} o\, \alpha$; más alakban $c_p = c_v + \frac{p\, v_{p} o\, \alpha}{K}$. Ha ezen képletben p helyett a normális légköri nyomást veszük akkor $p\, v_p o = a\, v_a o$-val, vagyis a gáznak normális térfogatváltozással. Ezen értéket a fentebbi egyenletbe helyettesítve $c_p = c_v + a\frac{v_a o\, \alpha}{K}$ a c_v-t átvive ellenkező oldalra $[c_p - c_v] = \frac{a\, v_a o\, \alpha}{K}$. Ezen egyenlet azt fejezi ki, hogy a gázoknak állandó nyomás s állandó térfogat melletti fajhő különbsége ($c_p - c_v$) független a nyomás és hőmérséklettől. A hőnek mechanikai erélyé s viszont a munkának hővé való alakulást a gőz,- illetve calorikus gépeknél észlelhetjük. A gép működése közben a mechanikai erély gyarapodik, midőn az kifelé munkát végez; eközben bizonyos meleg mennyiséget vesz fel a kazán nemkülönben a hűtő is. A mechanikai erély gyarapodás, a kazán és hűtő által felhasznált hő azon tényezők melyekre a gőzgépek működésénél tekintettel kell lennünk. Például valamely calorikus gép működésének egy ciklusa alatt a kazán Q a hűtő pedig q hőmennyiséget igényel; a külső erélyváltozás M. akkor a gép által felhasznált összes hő egyenlő a mechanikai erély gyarapodással. Az összes belső erély azonban mely munka végzésre lett fordítva nem Q, hanem csak $(Q-q)$ mert q hőmennyiséget a hűtő használta s így a külső munkára nem fordíttatott. A $(Q-q)$ különbség azonban csak akkor lesz egyenlő M-el vagyis az erély gyarapodással, ha ugyanazon egységekben lesz kifejezve sazért még meg kell szorozni $K(Q-q) = M$. Ezen képlet által kifejezett adatok érdeklik különösen a gérészt s a gyakorlat emberét. Valamely gép jóságát akkor fogjuk megítélhetni, ha tudjuk, hogy a vele közölt hő hanyad része alakul át munkává; $\left(\frac{Q-q}{Q}\right)$ a takarékosság viszonyát fejezi ki s ennek egy theoria által megállapított határértéke van, melynek nagynya a kazán és hűtőnek absolut hőmérséklete által van befolyásolva. $\frac{Q-q}{Q} = \frac{T_1 T_2}{T}$. Ezen képletből megközelítőleg kiszámíthatjuk a takarékossági viszonyt, ha ismerjük a kazán és hűtőnek hőmérsékét. Legyen pld. a kazán hőmérséklete 120°, a hűtőé 40°, az absolút hőmérséklet pedig 273°. akkor $T_1 = 120° + 273° = 393°$; $T_2 = 40° + 273° - 313°$. ezen értékeket az eredeti egyenletbe helyettesítve kapjuk, hogy $\frac{T_1 - T_2}{T} = \frac{393-313}{393} = \frac{80}{393}$. Ezen tört kifejezné tehát a takarékosság viszonyát a gépeknél; valóságban azonban nem tudnak ily eredményt felmutatni, mert a géppel között hőmennyiségnek egyrésze a géprészek s a környező levegőnek felmelegítésére fordíttatik. A gőzgépnél a valóságban elérhető takarékossági viszonyt $\frac{1}{10}$ fejezi ki! Ha valamely gépben 1 klg. szenet égetünk el akkor 8000 caloria meleget közlünk vele, mert tudvalevőleg ennyi a szénnek égési melege és ha ebből azon hőmennyiséget akarjuk megtudni, mily munkára lett fordítva, akkor a 8000-et meg kell szoroznunk $\frac{1}{10}$-el vagyis a takarékossági viszonyszámmal. Ily módon kitűnik hogy 1 klg. szén elégésénél 800 caloria használtatik munka végzésére; a munkát magát megkapjuk, ha a 800-at megszorozzuk 425-el vagyis a hő mechanikai egyenértékével. A műveletet végrehajtva 340.000 kapunk eredményül s hogy ez mily ideig képes egy 1. lóerejű gépet működésben tartani azt úgy tudjuk meg, ha ezen számot 75-el elosztjuk, mely szám tudvalevőleg a lóerő által másodperczenkint végzett munka nagyságát fejezi ki. Tehát 340.000 : 75 = 4533" = megközelítőleg 1¼ óra. Módon tehát egy 1 lóerejű gépben 1klg. szenet égetünk el, a keletkezett meleg az illető gépet 1¼ óráig képes működésben tartani. A mechanikai gázelmélet alapján, mely csakis azon ideális gázokra föltétlen érvényű, ki lett mutatva, hogy a gázok térfogatváltozása erélyváltozással nem jár együtt, mert föltételeztük, hogy ezek végtelen kicsiny molekulákból állanak, melyek egymásra kölcsönösen erőt nem gyakorolnak, egyrészt végtelen kicsinységüknél, másrészt egymástól való végtelen nagy távolságok-nál fogva. Ezekből kifolyólag áll az is, hogy, míg a gázokra külső erők nem hatnak, addig azok egyenes irányban egyenletes sebességgel mozognak és pedig azon törvénynél fogva, hogy minden test nyugszik, vagy egyenletes egyenes mozgásban van, míg reá külső erők nem hatnak. Ha a gáz állapota megváltozik, például fölmelegítés következtében, akkor erélyében is változás áll be, mely változás nem állhat másban, mint mozgási erély gyarapodásban. Általában ha valamely gáz erélyében változás áll be, az mindig kinetikai erély gyarapodásban nyilvánul. A gáz eleven ereje hőmérsékletének mértékeül szolgál. Kérdés ezek után, hogy a Mariotte-Gay-Lussac féle törvény hogyan magyarázható meg. Ezen czélból vegyük fel, hogy egy gáztömeg köbalakú edénybe van zárva, mely gázt, mint a végtelen számú molekulák összegét tekintjük. Legyen n a molekulák száma, a molekulák tömege u a sebessége l pedig a koczka élhossza. Vegyük fel, hogy a koczkában lévő molekulák 3 csoportba osztva 3



irányban mozognak és pedig az oldalakra merőlegesen, akkor a tömeg, bizonyos idő pillanatban egy irányban hat egyenlő $\frac{n}{6}u$. A sebesség, mellyel a molekulák az oldalak felé mozognak u-val egyenlő; minthogy azonban a molekulák ugyanolyan sebességgel pattannak vissza, mint a milyen sebességgel az oldalfalakhoz ütődtek, ennélfogva visszapattanás után minden molekulának tulajdonképen $2u$ a sebessége. Azon időtartamot, a mely alatt a molekulák a laphoz érnek és vissza verődnek τ-val jelölve, azon esetben a sebesség $u = \frac{l}{\tau}$ melyből $\tau = u.l.$ Ezen τ időtartam alatt $\frac{nu}{6}$ molekula tömeg ütközött egy oldalba s ez azon tömeg, melyben a lap nyomása folytán mozgás változás létesített. Ha a mozgásváltozást az idővel osztjuk, kapjuk a molekulák nyomó erejét: $\frac{\frac{nu}{6}\,2u}{\tau}$ = a nyomó erővel, vagy 2 vel rövidítve =

$\frac{1}{3}.nuu$) a T, mint láttuk $= u\,l$. s ezt képletünkbe helyette-
sítve a nyomó erő egyenlő lesz $\frac{nu}{3}.u$; a tört-törtnek nevezőjéből az
u.-t szorzó gyanánt a számlálóba vive $= \frac{nu}{3}.\frac{u}{l}$. Minthogy tulaj-
donképen a Mariotte féle törvényt akarjuk értelmezni, mely tudva-
levőleg a gázok nyomására vonatkozik, azért a nyomó erőből a nyo-
mást kell kikeresnünk, a melyhez úgy jutunk, ha a nyomó erőt
a felület egységre viszonyítjuk. A nyomás p tehát egyenlő $\frac{nu}{3}.\frac{u^2}{l^3}$..
l^3 nem egyéb, mint a kocka térfogata s ezt egyszerűen v-vel
jelölve $p = \frac{nu}{3}\frac{u^2}{v}$, ha pedig a v.-t szorzó gyanánt átvisszük
a p-hez, akkor $pv = \frac{nu}{3}u^2$. Ezen képlet fejezi ki a Mari-
otte féle törvényt, melynek értelmében a pv szorzat mindig
állandó, míg a gáz hőmérséklete nem változik; vagyis a nyo-
más és térfogat szorzata a hőmérséklettel arányos azon esetben,
ha a gáz eleven erejét a hőmérséklet mértékéül vesszük. Ezen
magyarázat azonban nem áll minden gázra föltétlenül, mert,
mint tudjuk, a Gay-Lussac Mariotte féle törvénynek csak az
eszményi gázok hódolnak. Ennél fogva az sem áll, hogy minden
gáz molekulái között az erély 0-ál egyenlő; továbbá a molekulák
nem csupán haladó, hanem forgó mozgást is végezhetnek; ezen fel-
tevésnek azonban megvan azon előnye, hogy a csepfolyós testek
állapotát és magaviseletét is értelmezhetjük általa, azon átmenetek
alapján, melyek a gázok és folyadékok között megállapítva lettek.-

I/ Hangtan.

A mechanikai jelenségek között vannak és pedig nagy számmal oly tü-
nemények, melyek kizárólag halló szervünkre gyakorolnak hatást;
azon érzetet, melyet ezen külső tényezők halló szervünkben keltenek
hangnak nevezzük, más szóval, hang alatt minden oly benyomást
értünk, melyről fülünk által nyerünk tudomást s a mely a tár-
gyak gyors mozgásából származik. Hogy a hang mozgással jár, arra
már számos kísérleti kifejezés is figyelmeztet; így péld. ha valamire
azt mondjuk, hogy csendesen van, részint azt értjük alat-

ta, hogy nem mozog, részint pedig, hogy nem hangzik. Ezen kifejezések: suhog, kopog, csattog nem csak bizonyos mozgást jelentenek, hanem azon hangot is, melyet bennünk ébresztettek.

Ha tekintettel vagyunk azon mozgásokra melyek bennünk a hang érzetét keltik, akkor ki kell terjeszteni figyelmünket azon mozgó testekre is, melyeknek mozgására a hang létrejötténél szükség volt. Az olyan testeket, melyeknek mozgása bennünk a hang érzetét kelti hangforrásoknak nevezzük.

Hangforrás lehet minden olyan test, mely mozgásban van; kiválóan alkalmasak azonban a hang ébresztésére azon testek melyek rezgő mozgást végeznek. Ámde a rezgések magukban még nem elegendők arra, hogy az általuk keltett hangot halljuk is; erre nézve szükséges, hogy a hangok illetve mozgások fülünkbe jussanak, más szóval oly anyagra van szükség, mely a hangforrás rezgéseit átveszi és fülünkkel közli. Azon anyagot, mely a hangzó test rezgéseit fülünkbe juttatja vezető közegnek nevezzük. Vezetőül rendes körülmények között a levegő, ritkábban a víz szolgál, azonban bármely test alkalmas a hang közlésére. Ha nincs közeg, mely a mozgást tova vezesse akkor hangot nem fogunk hallani, erről könnyen meggyőződhetünk, ha a szivattyú légmentes búrája alá csengetyűt helyezünk, akkor annak hangját éppenséggel nem, vagy alig fogjuk hallani.
Arra nézve hogy a vezető közeg a hangot hozzánk vezesse bizonyos idő szükségeltetik. például, mikor nagy távolságban ágyút sütnek el akkor láng fellobanását csak bizonyos idő elteltével követi a hang; épp így villámlás után csak pár pillanattal később halljuk a dörgést. Azon körülmény, hogy a puskapor fellobanása s a hang tovaterjedése között bizonyos idő telik el, vezette a tudósokat a hang terjedési sebességének meghatározására. Erre nézve 18 kmtr. távolságban állítottak fel egy ágyút s azt tapasztalták, hogy 54″ alatt jött a hang fülünkhöz. Ha most az utat elosztjuk a másodpercek számával, megkapjuk a hang terjedési sebességét.

A hang terjedési sebességére vonatkozó adatok mind a 17-ik századból valók, bár ujabban a franczia tudományos akadémia tagjai 1822-ben meghatározták a terjedési sebességet s azt 350-340-330 m között ingadozónak találták az ide vonatkozó adatok.

Newton azt állította, hogy a hang terjedési sebessége független a nyomástól, de függ a hőmérséklettől. $V_t = 330\sqrt{1+\alpha t}$; az α 0 fokú levegőben körülbelül $\frac{1}{273}$ s így $V_t = 330\sqrt{1+\frac{t}{273}} = \underline{333}$ 0° levegőben a hang terj. sebessége tehát 333 mtr 1 mp. alatt.

A tovaterjedési sebességét még más úton is meghatározhatjuk és pedig két egyidejűleg járó kalapács segélyével. Ezek oly módon vannak készítve, hogy egyszerre ütődnek be, az általok keltett hang azonban nem egy időben ér fülünkhöz, mert a két kalapács különböző távolságban van tőlünk. Ha oly módon helyezkedünk el, hogy a kalapácsoktól egyenlő távolságban vagyunk, akkor csak egy hangot hallunk; ellenkező esetben a két különböző hangot jól megfogjuk különböztetni. Ismerve a kalapácsok ütéseinek időközét, továbbá a köztünk levő távolságot, ezen adatokból kiszámithatjuk a terjedési sebességet.-

Pontos időmérők segélyével, minők a hangvillákkal kapcsolatban álló ingaórák, még igen kis időtartamra viszonyitva is képesek vagyunk a sebességet meghatározni. Igy ha tőlünk 10·5 m távolságban sütnek el egy fegyvert, akkor $\frac{28}{1000}$ másodpercz alatt jut fülünkhöz a hang, ebből a sebesség = 10·5 : 0·28 = 10·500 : 28 = $\underline{375}$ m.

<u>A hang érzetének qualitása.</u> A rezgések különböző módja szerint különféle lehet a gerjesztett hang is; így ha csak egyetlen erős lökés gyakran keletkezik a hang, akkor azt <u>csattanásnak</u> nevezzük; tartós, de szabálytalan rezgések <u>zajt, zörgést</u> idéznek elő; ha pedig a rezgések egyenletesek és szabályosak, akkor <u>zenei hang</u> származik. A nem zenei hangokban minők a zörgés, csörgés, csattanás semminemű folytonosság sem áll elő, ha azonban egy hangvillát hozunk mozgásba, ott már már folytonos hangot kapunk. Fő különbség tehát a zenei és nem zenei hangok között: az előbbiek periodikus (rezgő) mozgások által létesittetnek, az utóbbiak nem izochron mozgások s azért csak zörejt keltenek.- Ha valamely hangvillának mozgását megfigyeljük,

azon tapasztalatra jutunk, hogy ez azonos az inga mozgásával, mert ha egy papir ? üveglapra leiratjuk, ugyanolyan görbét kapunk, mint az ingánál. Hogy a zenei hangok csakugyan periodikus mozgásoknál jönnek létre, ezt különösen a Kónig féle láng mutatóval lehet szépen kimutatni. Ezen készülék két egymás mellett fölállított egyenlő sipből áll, melyek finom hártya által zárt apró gáztartókkal vannak ellátva, ezek kaucsuk csövek által egy nagyobb gáztartókkal vannak vannak összekötve. Ha a gázt meggyujtjuk s a sipba befuvunk, a hártya rezgésbe jön, melynek folytán a láng is mozgásokat fog végezni. Gyorsan forgó tükörben a lángkép, hol egyes lángokra osztva, hol összefüggésben látszik; összefüggésben van akkor, ha a sipba nem fuvunk, ellenkező esetben hullámzó vonalat ir le.-

A periodikus mozgások közül megismerkedtünk a földnek tengelye körüli forgásával, a bolygók, az inga mozgásával, ezek azonban kétségtelenül nem adnak zenei hangot. Nem mondhatjuk tehát, hogy minden periodikus mozgás zenei hangot ad, hanem csak azok, melyeknél a rezgési idő oly kicsiny, hogy az egyes rezgéseket egymástól nem lehet megkülömböztetni, mintegy összefolynak. Ha valamely mozgó test másodpercenként legalább 30 rezgést végez, akkor már zenei hangot kapunk, 36-40,000 rezgésen túl már megszünik a zenei hang. A zenei hangnál tehát 30 a minimalis 36-40000 a maximalis érték.-

Az inga egyensúlyi viszonyainak tárgyalásánál mondva volt, hogy az erő, mely az ingát egyensúlyi helyzetébe iparkodik terelni, arányos az elmozdulással. Minden olyan szerkezetnél, melynél az erő a kitéréssel arányos, izochron mozgásokkal találkozunk, s ezek zenei hangot hoznak létre.-

A zenei hangoknál három nevezetes tulajdonságra kell tekintettel lennünk: 1) a hang magasságára, 2) a hang erősségére és 3) a hang jellegére.

A hang magassága a rezgések számától függ, nagyobb rezgési számnak magasabb hang felel meg. A hang szine (?) jellege alatt azon sajátságot értjük, melynél fogva ugyanazon magasságú hang különböző hangszereknél különböző annyira, hogy ezen sajátságról a hangszert, mely a hangot előidézte, könnyen megismerhetjük. A hang ereje a rezgés szélességétől függ, bár erre még más tényezők is bírnak befolyással, mint a hangzó test tömege, a vezető tömeg sűrűsége stb.

Hogy a zenei hangok   kellőképen eligazodhassunk, bizonyos rendszerezésre van szükségünk s ezt úgy érjük el, ha a hangokat magasságok szerint viszonyítjuk egymáshoz. A mi a hangok magasságát illeti, az mint említettük a rezgések számától függ. Ezen rezgési számok által képesek vagyunk az egymás után következő hangokat meghatározni; ezen képesség azonban nem a hang absolut magasságára, hanem csak az egyes hangok közötti intervallumokra vonatkozik.-

Egy bizonyos intervallumban álló hangok egymás után következve, dallamot adnak. Az intervallumok jellemzésére vannak azon viszony által, mely a rezgési számok között fönáll, függetlenül azok absolut értékétől. Az intervallum meghatározására „Sirén” nevű készülék szolgál, melynek korongalakú alap és tetőlapja nyílásokkal vannak ellátva, ha a korong felületére fúvásokat eszközlünk, akkor az mozgásba jő, e-közben hangok keletkeznek, melyek dallamot adnak azon esetben ha a következő szorzat szerint támadtak:

24- 27-, 32- 36- 40- 45- 48-

Ezen számokból meghatározhatjuk a hangok között létező viszonyt, ha ezek közül egy alapúl vett számmal a többieket elosztjuk. Ezerint az itt fölvett nyolcz hang között a következő viszony van: $\frac{27}{24}; \frac{32}{24}; \frac{36}{24}; \frac{36}{24}; \frac{40}{24}; \frac{45}{24}; \frac{48}{24}$ és az alapúl vett 24-et önön magával osztva $\frac{24}{24}$ Rövidítve a tört eket a viszony számok igy alakulnak: $1, \frac{9}{3}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{5}, \frac{2}{1}$. Azon hang, mely ezen hangsorozatnál (skála) alapúl vétetik, alaphangnak neveztetik. Ily alaphangot, melyből valamely dal össze állításánál kiindultak, már a 17-ik században is alkalmazták és ez a három vonalos a; ennek rezgési száma a párisi operánál 405 volt egész a jelen század elejéig, ekkor 448-ra emelkedett, újjabban 435-re lett a normális a-nak rezgési száma redukálva.

A zenében az egyes hangokat betűkkel, vagy pedig mint a franciák és olaszok egyes szótagokkal szoktuk jelölni; ha például a

C-t választjuk kiindulásul, akkor a hanglépcső tagjai így következnek sorra: C D E F G A H c d e f g a h --- stb vagy pedig szótagok által: ut, re, mi, fa, sol, la, si, do.

A zenében használatos hangokat vizsgálatnak vetve alá, az tűnik fel, hogy vannak olyanok, melyek egyidejűleg összhangzatban vannak; mások ellenben egyenlő idő alatt nem adnak zenei hangot, úgynevezett lüktetést idéznek elő. Kellemes összhangot ad például az alaphang, a harmad (terz), meg az ötöd (quint) vagy az alaphang meg a negyed (quart) és a hatod (sext). Ellenben össze nem hangzik az alaphang meg a másod (secund) és a heted (septim). Ha e hangok rezgésszámát vesszük figyelembe úgy találjuk, hogy különösen azon hangok vannak összhangzásban, melyeknél a rezgési számok közt lévő viszony kis számok által fejezhető ki. Például az

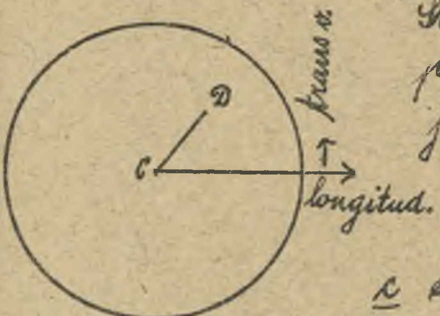
alaphang	meg	a	terz	közötti	viszony	4:5
"	"	"	quart	"	"	3:4
"	"	"	quint	"	"	2:3
"	"	"	octáv	"	"	2:1

A mint látjuk legjobban össze hangzik az alaphang a nyolczaddal, aztán a harmaddal és az ötöddel. Az alaphang, a terz és quint együttesen egy accordot képeznek.

Vizsgáljuk ezek után a hang keletkezésének módját. Ha valamely test részecskéi között bármily erő hatása folytán mozgás jön létre s ezen test minden más anyagtól elszigetelten magában áll, akkor az kifelé hatásokat nem fog gyakorolni s az energia többlete hővé alakul; ha azonban nincs elszigetelve, hanem levegővel, vagy egy más közeggel van körülvéve, azon esetben erélyének egy részét a közegnek átadja. Ha valamely cseppfolyós vagy légnemű testben eltolást létesítünk, akkor ezen eltolás ellenében erő nem fog fellépni, mert a halmazállapotok tárgyalásánál említettük azt, hogy a folyékony és gázalakú testek az alakváltoztatás ellenében csekély vagy épen semmi erőt sem fejtenek ki. Olyan mozgások tehát, melyek csupán alakoáltozással járnak e két féle halmazállapotú testekben tovaterjedni nem fognak.

Ha azonban a folyadékoknak térfogatát változtatjuk, akkor nyomás változást létesítünk, ennek pedig az lesz a folyamánya, hogy a folyadék a környezetére erőt fog gyakorolni. Azokban változások, melyek a cseppfolyós és légnemű testeknél térfogat változásokkal járnak, a környező részeket mozgásba fogják hozni; más szóval csak is oly mozgás fog ezen testekben tovaterjedni, mely térfogatváltozással jár.-

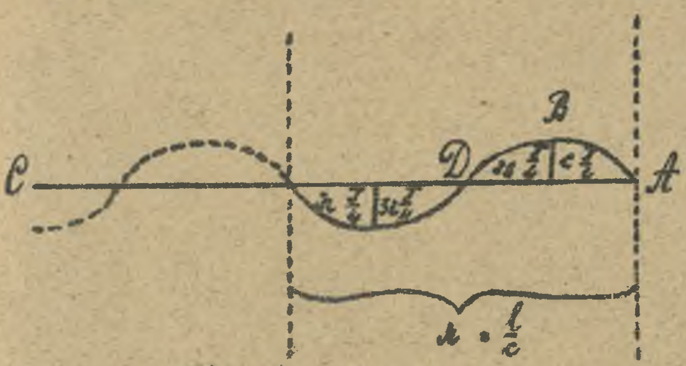
A szilárd test, úgy az alak mint a térfogat változás ellenében fejt ki erőt, abban tehát mindenféle mozgás el fog terjedni.



Gondoljuk, hogy egy hangforrásból mozgás indul például C-től D-re, akkor ezen mozgás el fog terjedni s pedig, ha isotrop anyaggal van dolgunk mint levegő és víz, ellentétben a fával s a nem szabályos jegeczekkel, egy irányban s ha <u>c</u> a sebesség, akkor <u>t</u> idő múlva <u>ct</u> távolságra. Azon mozgásokat, melyek az érintő irányában működnek és csakis alaki változásokat létesítenek, <u>kereszt- vagy transversalis</u> rezgéseknek nevezzük. Már az előbbiekből következik az, hogy a transversalis rezgések csakis szilárd testeknél fordulhatnak elő. A mozgásnak azon faja, mely a tovaterjedés irányába esik, <u>hossz- vagy longitudinális rezgésnek</u> mondatik. A longitudinalis mozgás térfogat változással jár, mert ha például egy gömb nagyobbodik vagy kisebbedik, ezen mozgás közben okvetlen térfogat változásnak kell előállania. Cseppfolyós és gázalakú testeknél a mozgások csak is longitudinalis irányúak lehetnek; szilárd testben azonban, mely nem csak a térfogat, hanem az alakváltozás ellenében is fejt ki erőt, úgy longitudinális mint transversalis mozgások létesülhetnek. A rugányos testekben ezen kétféle mozgásnak tovaterjedési sebessége különböző; teljesen rugalmas testben a sebességek úgy viszonylanak mint 1:2.-höz.

Midőn valamely közeg mozgásba jött azt mondjuk, hogy <u>hullámok</u> létesültek, mely elnevezés a víztől ered, minthogy a víz, ha mozgásba hozzák, szemmel látható hullámokban terjed tova.

Minden hang, mely valamely hangforrásból támadt, hullámokat fog létesíteni; s ha a hangok ismétlődnek, új és új hullámok jönnek létre, melyek tovaterjedés közben igen különböző viszonyban állhatnak egymással. Minthogy minden hang létesít hullámokat, azért helytelen a a rezgő mozgást hullám mozgásnak nevezni.—

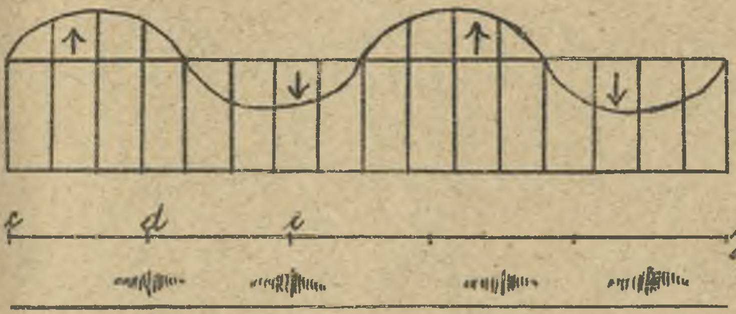


A legegyszerűbb rezgő mozgás mellyel a természetben találkozunk, az inga mozgás. Az inga mozgás részletes tárgyalásánál meghatároztuk volt az elmozdulást, a sebességet és a gyorsulást. Az elmozdulást u-val jelölve az egyenlő a $\sin \frac{t}{T} 2\pi$. Azon időtartam, mely alatt az egész periodikus rezgés történik, 4 részből állhat. $\frac{T}{4}$ idő elején kiindul a rezgés A-ból és $\frac{T}{2}$ idő mulva ugyanolyan nagyságban mint a kiindulás elején, de lefelé halad, végre $4\frac{T}{4}$ időtartamban ujra nyugvási állapot következik be. A hullám tovaterjedési sebességére s idejére vonatkozó szabályokat meghatározhatjuk az u képletből. Az itt látható rajz, mely egy sinus görbének felel meg, nem csak azt mutatja meg, hogy az egyes részek, mily mozgási phasisban vannak bizonyos idő pillanatban, hanem azt is, hogy mily mozgásban lesznek a következő idő egység alatt. Kifejezi ezen görbe a rezgési időt is, nem közvetlenül ugyan mint de időtartamot, hanem egy szorzat alakjában; cT ugyanis azon hosszuság, melylyel a tovaterjedés történt, tehát egy hullám hossz, ebből a rezgési időt könnyen megkaphatjuk, mert λ a hullám hossza $= cT$, s igy $T = \frac{\lambda}{c}$.—

Felvilágositást ad a további ezen vonal a kiterjedések nagyságára nézve is, ez már azért is érdekel bennünket, mert a hang által halló szervünkre gyakorolt mechanikai behatások a kitérések nagyságától függnek. A mozgásnak ezen graphikai ábrázolásában szemlélhető is ki van fejezve, melyet a mozgó pont mozgásánál fogva nyer s a mely sebesség [illegible] étével arányos.

Mindaz amit eddig elé a rezgő mozgásra vonatkozólag mondottunk, az a transversalis rezgésekre vonatkozik; hátra van, hogy a longitudinális rezgésekről is szóljunk s geometriailag ábrázoljuk.

Leggyen ez valamely egyenletes sűrűségű rugalmas közeg sorja c pontnál egy lökés, melynek folytán a c pont d-be fog jutni. Az első időpillanatban a légrészek itt összesűrűsödnek, a következő másodpercben azonban a fölébred rugalmasságánál fogva részben vissza pattanak, másik részük pedig a g irányában halad. Ennek természetesen az lesz a következménye, hogy d-ben a közeg megritkul, ugyanakkor azonban az e pontig eljutott részek ezen pontban, a visszapattant részek pedig a c pontban fognak sűrűsödést eszközölni. Egy időben tehát a c és e ben sűrűsödés, a köztük levő d pontban ritkulás áll be. Már az eddigiekből is kitűnik, hogy a longitudinalis mozgásoknál sűrűsödés és ritkulás támad illetve váltakoznak egymással, ép úgy, mint a transversalis rezgéseknél az emelkedés és sülyedés. Tulajdonképen tehát a hossz rezgést egy egyenes vonal által kellene ábrázolnunk, mert a rezgő pontok egy egyenesbe esnek; minthogy azonban ily linealis vonallal nem igen mutathatjuk ki a rezgéseknél végbemenő változásokat, azért a longitudinalis mozgást is egy görbe vonallal fogjuk ábrázolni, mely nagyságát illetőleg egyenlő a hossz irányú elmozdulásokkal, de az elmozdulások transversalis irányúak. A jobb oldali elmozdulások fölfelé a baloldaliak lefelé lesznek rajzolva. [↑→ ↓←].



A feladat mely ezen longitudinalis mozgásoknál elő áll az, hogy megállapítsuk, minő mozgás fog előállani, ha több hang keletkezik s terjed tova valamely közegben.-

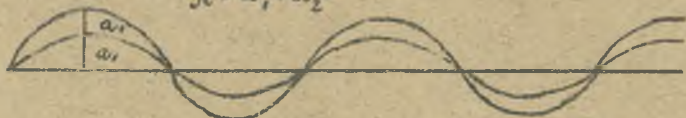
Két egyenlő idejű rezgés keletkezését illetőleg többféle úton jöhet létre vagy úgy, hogy két hangvillát egyszerre hozunk rezgésbe, vagy pedig, hogy egy hangforrásból indulnak ki a hangok és különböző utakon jutnak el a halló szervhez. Bonyolultabb a feladat, hogy ha egy sípot alkalmazunk, melyből a hang két cső szerkezeten át juthat ugyanazon helyre. Két egyidejűleg keletkező hang különbözhetik egymástól a kitérés nagyságára és viszonyos elhelyezésre nézve.

A mozgások összetevése általában véve igen bonyadalmas, ha a mozgások igen kicsinyek. Az ily kicsiny elmozdulások eredőjét összetevés által a mechanikai tárgyalása szerint találjuk meg. Ha két hangot össze akarunk tenni, akkor azon pontokat kell meghatároznunk melyekben az elmozdulások egyenlők, azt pedig tudjuk, hogy minden második ellenkező irányban lesz. Az eredő hullám, melyet ily összetevés által kapunk, ugyan oly nagy mint az összetevők, de amplitudója nagyobb. Ezáltal azonban csak nagyjából határoztuk meg a tovaterjedő hullámok amplitudóiban végbemenő változásokat, pedig ezek nagyon is különböznek, a szerint amint a hullámok különböző mozgási szakaszban találkoznak egymással.

Ha két hullám ugyanazon mozgási szakasszal találkozik egy pontban, azon esetben eredő amplitudó az összetevők amplitudóinak az összegével lesz egyenlő.

Ha valamely hullámnak mozgási szakasza egy másiknak ellentett irányú fázisával találkozik, akkor az eredő amplitudó az összetevők különbségével egyenlő. A munka, melyet a végezni fog, a sebesség négyzetével arányos.

$A = a_1 + a_2$

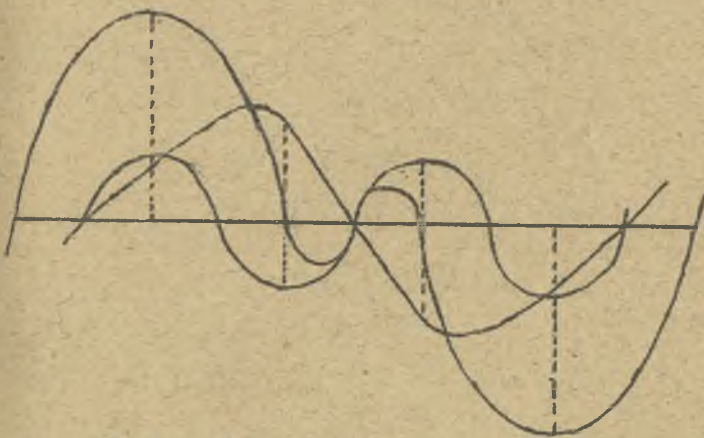


$A = a_1 - a_2$

Midőn a hangok valamely közegben egymással találkoznak azon nevezetes tünemény áll elő melyet az interferentia jelenségének szoktunk nevezni. Az interferentia abban áll, hogy a hangok, melyek valamely közegben találkoznak, nem adnak oly hangot, mely a kettő összegének felelne meg, hanem erősítik vagy gyengítik egymást. Valahányszor tehát azt tapasztaljuk, hogy két hang találkozásánál oly eredő jött létre, mely nem egyenlő az összetevőkkel, akkor azt mondjuk, hogy ezen hangok interferálodtak.

Az interferentia sebessége a fénytalálkozásnál is előfordulhat; azonban míg a hangok egyesülésénél szükségképen jelentkezik e tünemény, addig a fénynél csak mint esetleges körülmény van meg.

Vizsgáljuk azon esetet, midőn két oly hang találkozik a térben, melyeknél a hullám hosszak úgy aránylanak egymáshoz mint 1:2 höz. Hogy az eredő elmozdulást megkaphassuk, azon pontokat kell meghatároznunk, melyekben az összetevők egyenlő irányúak s a hol ellentett irányúak és egyenlő nagyságúak. Az így talált pontokat összekötve nem egy egyszerű, hanem complicált görbét fogunk eredő gyanánt kapni. Ha egy hangvillát kormozot lapon rezgetünk, sinus görbét kapunk; ha azonban a hangvillával egyidejüleg a kormozott lapot is mozgásba hozzuk akkor szintugyan kapunk oly összetett görbét mint az ábrán látható.

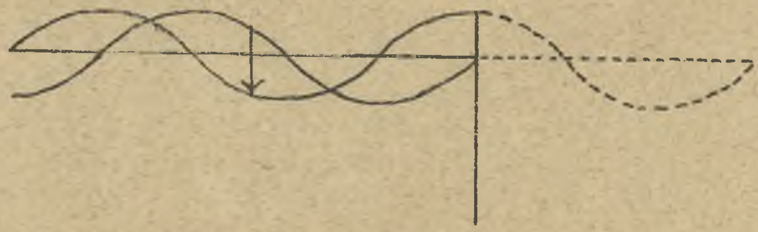


Említésre méltó továbbá azon eset, midőn egy hanggal, mely másodperczenként például 100 rezgést végez, egyidejüleg oly hangot keltünk melyeknek rezgési száma az időegység alatt 101. Ezen hangok egyszerre kezdik és végzik lengéseiket. a kezdő és végpontok tehát összeesnek, a közbe eső helyeken azonban, minthogy az egyik hullám rövidebb a másiknál, a rövidebb hullám valamivel mindig előbbre lesz mint a másiknak a hegye; a hosszabb hullám így egyedletesen elmaradván az 50-ik rezgésnél a hullámok már ellentett mozgási szakaszokkal fognak találkozni, mert a 101 rezgést végző hang éppen egy fél hullám hosszal van előre. A végén a találkozás ismét ugyanazon mozgási fasisal történik. Az ily viszonyban álló hangok halló szervünkre kellemes hatást gyakorolnak, vagyis zenei hangot adnak, mely folytonos lesz ugyan, de fokozatosan erősbülni és gyengülni fog.
Oly két hangnál, melyek közül az egyik 100, a másik 102 rezgést végez, fél másodperczenként fog az erősödés előállani. Ha oly hangokat veszünk tekintetbe melyeknél a rezgési számok között a különbség nagy, például 200 rezgésnek 300 rezgés felel meg, akkor az erősödés és gyengülés 100 szor fog ismétlődni másodperczenként. Az erősödések és gyengülések számát az időegységre vonatkoztatva igen k...

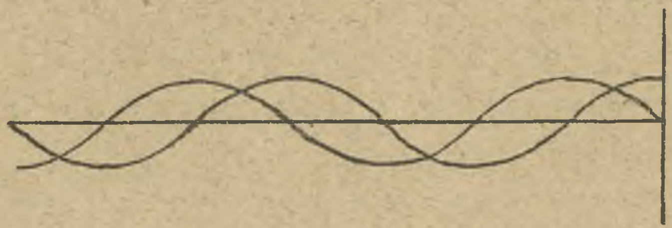
nyen meghatározhatjuk, ha ismerjük a hangok rezgési számait. Jelöljük ezen czélból az egyik rezgési számot n-el, a másodikat m-el. Ha n = m-el, akkor nem áll elő erősbödés; ha azonban a n rezgési számnak m+1, m+2, m+3 vagy általánosan m+k felel meg, azon esetben erősödés jön létre, mely annyiszor fog ismétlődni, a mennyivel az egyik rezgési szám nagyobb a másiknál = m+k - m = k. Képlet fejezi tehát ki az erősödések és gyengülések számát.

Minden olyan hangoknál, melyek különböző rezgési számmal birnak s a köztük lévő különbség nagy, arra kell ügyelnünk, hogy a complikált hang az eredeti hangok egyikével se adjon lüktetést. Pldáúl 300 és 201 rezgést végző mozgások lüktetést nem adnak: a köztük lévő különbség 300 = 201 = 99; de a következő periodus már lüktető mozgást fog adni 201 = 99 = 102, 99 és 102 a különbség 3. Lüktetés csak azon esetben nem fog bekövetkezni, ha a viszony a rezgések között olyan mint 3 és 2 között, vagyis ha úgy viszonylanak egymáshoz mint 3 : 2-höz. Vizsgáljuk ezek után, hogy mi történik a rezgésekkel akkor, ha azok határolt közegben mennek végbe.

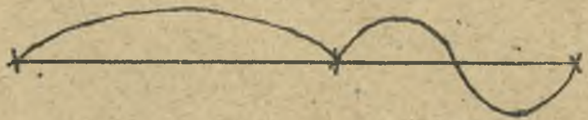
Ezen feladatnak theroetikus úton való megoldása sok nehézségbe ütközik, azért a következőkben arra fogunk törekedni, hogy ezen kérdést inkább kisérleti úton fejtük meg és pedig két extrém esetet veszünk fel; 1) midön a mozgó test vége /: pld. hangvilla :/ szabadon áll; 2) midön a rezgő testnél /: pld. húroknál :/ bizonyos erők működnek a végeken, melyek a mozgást akadályozzák. Ha valamely mozgó test szabadon végződik, akkor ezen szabad vég úgy fog mozogni mint az maga a rezgési központ, vagyis ugyan olyan irányú mozgásokat fog létesiteni, mint a melyek oda jutottak. Másszóval ez azt jelenti, hogy ha valamely mozgó testnek szabad vége tovább folytatja mozgását, akkor ebből mintegy új rezgési középpontból olyan hullámok fognak kiindulni és visszafelé terjedni mint a minők hozzá érkeztek. Az eredő elmozdulást a fenforgó esetben is úgy kapjuk meg, hogy egyes elmozdulásokat összeteszük. Ilyen szabad véggel biró testben a változásokat egybevetve, azt fogjuk látni, hogy az előre- és visszafelé haladó mozgások hatása folytán egyes pontok nyugalomban lesznek, mert ezen pontoknak két oldalán a rezgések egyenlő nagyságúak, de ellentett irányúak. Ilyen nyugvásban lévő pont az mely a szabad végből egy negyed hullám hosszal van előbb, ezen helytől egy fél hullám hosszaságban lévő pontok ismét nyugalomban lesznek. Ezen pontokat egy lineális vezetőben, csomó pontoknak nevezzük.



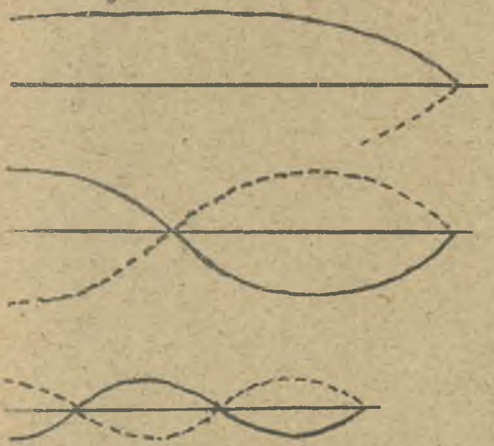
A második extrém eset, melyet vizsgálni akarunk az, midőn a rezgő test vége megvan erősítve. Az ilyen megerősített végen a megerősítés hatása abban fog állani, hogy oly sebességet közöl minden egyes másodperczben a meglévőhöz, mely erők folytán az el a megszilárdított végen működő erők folytán dz elmozdulások ellentettek lesznek és viszafelé fordulnak. Az ilyen rögzitett végű testekben is lesznek csomó pontok, melyek mint a rajz is mutatja - egymástól félhullám hosszúságra fognak feküdni.



Ezen rezgési csomókat igen szépen láthatókká tehetjük egy kifeszített húron, vagy egy selyem szálon, mely egyik végével egy álványhoz, a másikkal egy rezgő hangvilla egyik ágához van erősitve. Igazolhatjuk ezen csomó pontok létezését továbbá egy kötéllel, egy monócorddal, vagy hagy egy orgona sipnak mentében érzékeny lángokat helyezünk el. A sürüségben legnagyobb változások a csomó pontok fognak előállani s ott a láng legjobban mozog.



Mint a mellékelt ábrákból kitűnik, valamely kifeszitett húr rezeghet oly módon, hogy egész hosszában csak egy hullámot képez; vagy hogy közepén egy csomó pont van s ekkor két hullámból áll, de lehető mozgása olyan is, hogy több hullámot ír le, midön egyszersmint a csomó pontok száma is szaporodik. A rezgésnek másik faját igen szépen szemlélhetövé tehetjük, illetve kimutathatjuk egy nyilt sippal, mely tulajdonképen, mint olyan test szerepel, a melynek egyik vége szabadon áll. Ha egy ilyen sipba befuvunk, akkor a mondottak értelmében a szabad végtöl egy negyed-settöl egy félhullámhosszunyira csomópontok fognak keletkezni. A hullámok alakulását, a rezgések tovaterjedését és a csomó pontok alakulását az itt látható ábrák mutatják. A nyomás változásokat, is a melyek az ilyféle eszközökön



belül végbemennek, láthatóvá tehetjük, nem ugyan közvetlenül manométer segélyével, de oly szelepekkel, melyek csak egyirányu nyomásoknak engednek.

A sipok által előidézett hangok eltérnek egymástól magasságra nézve a szerint a mint fedett vagy nyilt sipot alkalmazunk, söt a keltett hangok még más tekintetben is különbözhetnek.

Vizsgáljuk elöször a fedett sipok hangját. A légoszlop a fedett sipokban mindazon rezegtetési módoknál zenei hangot fog adni, hol a cső nyilt végéhez legközelebb cső rezgési csomó attól $\frac{1}{4}$ hullám hosszunyi távolságra esik. Tehát a legegyszerübb befuvásnál, a melynél csupán a cső fenekén van egy csomó pont, $l = \frac{1}{4}\lambda$, ha l a sip hosszát, λ, pedig a keletkezett hullámot jelenti. Ha erösbödött befuvásnál a légoszlop végső lapjain. 1, 2, 3 ... általánosan véve $m = 1$ csomó pont támad s ha a megfelelő hullámok hosszát λ_3 λ_3 λ_1 ... λm-el jelöljük, akkor $l = \frac{3}{4}\lambda_2 = \frac{5}{4}\lambda_2 \dots (2m-1)\lambda m$.

Legyen valamely hang hullám hossza R a hullámok terjedési sebessége v, T a rezgési idö, n pedig a rezgések száma egy másodpercz alatt, akkor $\underline{\lambda = v\,T}$, továbbá $\underline{\lambda} = \frac{v}{n}$ sebből a $\underline{v} = n\,\lambda$, azaz: $\underline{n\lambda}$ épen ugy, mint a $\underline{v}$ bizonyos hömérsékre véve állandó mennyiség. Ha n_1-et, vagyis a fedett síp legmélyebb hangját alaphangnak veszszük s a többit erre vonatkoztatjuk, akkor azt találjuk, hogy erősbödött befuvás által nyert hangot a fölvett alaphangra vonatkoztatva a páratlan számok 1, 3, 5, 7, 9, ... által fejeztetnek ki s az alaphanggal valamint egymás közt is összhangzásban vannak.

Egészen más a viszony a nyilt sipoknál.
A fedetlen síp által előidézhető hangok magasságait megtaláljuk, ha meggondoljuk, miszerint a fedett síp hangja nem változik, ha a fedett végéből $\frac{1}{4}\lambda$ vagy $\frac{3}{4}\lambda$ hosszu részt vágunk el, mert ezen rétegnek sürüsége rezgés közben változatlan és a külső levegő sürüségével egyenlő marad. A fedetlen síp tehát csak akkor ad zenei hangot, ha a két végén a levegő sürüsége ugyanaz mint a külső levegője. A legmélyebb zöngének egy csomó pont felel meg, mely a síp közepén fekszik; folyton erősbülő befuvás által 2, 3, 4, ... csomó pont támad, és mindig nagyobb hangot nyerünk, melynek magassága ugy növekedik mint a csomó pontok száma. E szerint a nyilt síp az alaphangon kivül a skálának mindazon hangjait adja, melyeknek magasságai, az alaphangra vonatkoztatva a természetes számok által fejeztetnek ki.

Resonantia.

Hogy a különféle hangszerek csak bizonyos hangokat képes adni, erre nézve felvilágositással szolgál azon jelenség, melyet resonantiának nevezünk.
Ha egy ingát oly módon akarunk rezgésbe hozni, hogy lengésével ellenkező lökéseket közlünk vele, akkor azt fogjuk tapasztalni, hogy az nem fog szabályosan mozogni, ha azonban akkor lökjük meg az ingát, midön legnagyobb kilengésében van, azon esetben az inga mozgása erősbödni fog és szabályosan megy végbe. Szabálytalanul eszközölve tehát a lökéseket, szabálytalanul fognak találkozni a meglevőhöz hozzájáruló sebességek s ennek folytán nem kapunk periodikus mozgást. Ugyan ezt tapasztaljuk más rezgő testeknél is. Ha például két hú-

van egymás közelében kifeszítve, melyek ugyanazt a hangot adják s az egyiket megzendítjük, akkor a másik is megszólal. Két egyenlően hangolt hangvillával ugyan ezt a jelenséget találjuk t.i. ha az egyik hangvillát mozgásba hozzuk, de a hangot hirtelen megakasztjuk, még fogjuk hallani hangot, mely a vele egyenlő idő alatt mozgó hangvillától származik.

Az ilyféle szerkezeteket, melyek egymást rezgésbe képesek hozni, együtthangzó (resonaló) testeknek mondjuk azon tüneményt pedig, melynél fogva bizonyos test képes egy másik nyugalomban levő szerkezetben egy bizonyos hangot kelteni, együtthangzásnak (resonantiának) nevezzük.

A rezgésbe hozott test hangját tetemesen lehet erősíteni a resonantzia által. Így a megütött hangvilla hangját alig halljuk, ha a villát szabadon kezünkben tartjuk, de mindjárt erősbül a hang, ha az asztalra állítjuk, mert akkor az asztal együtt hangzik vele. A szabadon kifeszített húr hangja gyenge, de ha üres szekrény fölé helyezzük, a szekrény fája s különösen a benne foglalt levegő együtt hangzik vele s a hang erejét fokozza. Szerkeszthetünk is olyan testeket, a melyek maguk hangot nem adnak, de bizonyos zöngére vannak hangolva s egy hang villának megfelelő hangja által mozgásba hozhatók.

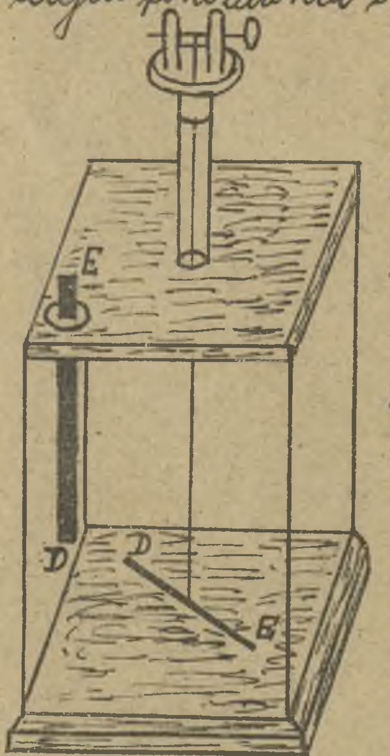
Ilyen szerkezetek az úgynevezett resonátorok. Ezek gömbalakú üres testek, üvegből vagy bádogból készítve, melyek ugyanazon átmérő végpontjainál egy kisebb és egy nagyobb nyilással vannak ellátva. Minden resonátor bizonyos zöngére van hangolva, az az saját hangjával bír. Ha a resonátorok kisebb nyilását az egyik halljáratba tartjuk úgy, hogy köröskörül a fület jól elzárja, a másik fület pedig jól bedugják, akkor a kiejtett szavak vagy énekelt dallamok zöngéi általában sokkal gyengébben fognak hallatszani, mint különben; valahányszor azonban a gerjesztett hangok között a resonátornak saját hangja is elő fordul, mindannyiszor erő teljesebb hangot hallunk, mivel ez esetben a resonátorban foglalt légtömeg szintén rezgésbe jön és a hangot erősíti.

A resonantia jelensége általában minden határolt testnél mutatkozik; pl egy gázláng, mely egy gyorsan forogható tükör előtt áll, csak bizonyos betük kimondásakor fog lüktetéseket mutatni. A resonantiában leli magyarázatát azon tünemény is, hogy egy hegedűhúrral nem tudunk periodikus mozgást létesiteni; a vonó hang-keveréket létesit ugyan, de a húr mintegy kikeresi magának azon hangot, a mely neki conveniál.

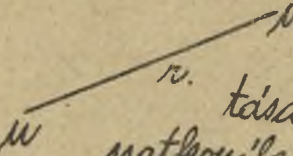
A mondottakból kitünik, hogy az együtthangzás igen fontos szerepet játszik a zenében, s a különféle hangszerek ennek köszönik alkalmazásukat. –

A delejesség.

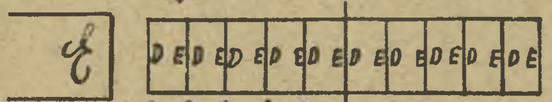
Valamely test ugyanazon mechanikai behatásoknak és hőnek alávetve rendes körülmények között ugyanazon változásokat fogja mutatni, azonban egyes anyagok jöhetnek oly viszonyok közé, hogy változásokat észlelünk rajtuk a nélkül, hogy a rájuk ható külső erő és hőmérsékletük nagyobbodott vagy kisebbedett volna. Egy vasdarab például előzetes praeparatio által oly állapotba hozható, s oly tulajdonságokkal ruházható föl, melyekkel rendes körülmények között nem birt. Azon erőket, melyek hatása folytán a testek tulajdonságai megváltoznak a nélkül, hogy anyagi lényegük változott volna, sőt eddig nem is említett sajátságokkal lesznek felruházva – mágnességnek és electromosságnak nevezzük. Első sorban a mágnességet veszük részletes tárgyalás alá. Rendes viszonyoknál azt szoktuk a testekről mondani, hogy természetes állapotban vannak, mely állapot állandó hőmérsék és nyomás mellett mindig visszatér. A mi ezen állandó sajátszerüséget megváltoztatni képes az a mágneses és electromos állapot. Az ásványok közül különösen a vasoxydul oxyd bir azon nevezetes tulajdonsággal, hogy a vas darabkákat magához huzza. A vasoxydul oxydnak azon sajátsága már a régiek előtt is ismeretes volt; állitólag Magnesia városában észlelték először és innen kapta a mágnesség nevét. A mágnes vas hatása azonban nem csak annyiban áll, hogy a vasdarabkákat magához vonza, hanem azon tulajdonságokkal illetve képességekkel ruházta fel a vasrészeket, hogy azok vasszeleket sőt nagyobb vasdarabokat is képesek fogva tartani. A nyers vas tehát vasoxydul oxyd hatása folytán szintén delejessé lesz, mely állapota azonban csak addig tart, míg a vasérez vele kapcsolatban van. – Hogy a mágneses hatás nem tapadáson alapszik, arról igen könnyen meggyőződhetünk, ha papirba burkoljuk a mágnest, mely alkalommal a papiron keresztül történik, a vonzás. A mágnességnél tehát hatással van dolgunk. A vasérc nem csupán a lágy vas jön ilyen delejes állapotba, de az acél is, sőt ez utóbbi, ha mágnesessé válik, hosszabb ideig is megmarad ezen állapotában. Az acél darabokat régenten oly módon szokták volt mágnessé tenni, hogy huzamosabb ideig a mágnes vas hatásának volt kitéve, s erős húzásokat gyakoroltak a delejjel az acélrudakon. Ujabban azonban nem igen állítják elő a mágnest mesterséges úton, mert sokkal jobbnak és biztosabbnak mutatkozik a mágneseknek electromosság által való előállítása. Ha a mágnes segélyével csak azt akarjuk kimutatni, hogy a vasdarabkákat magához vonzza, akkor különösen oly szerkezeteket alkalmazunk, melyeknek több pontján lehet a kisérletet gyakorolni. Ilyen a mágnes patkó, melyet vonzó erejénél fogva egyes súlyok eltartására is használható. Egy ily mágnes patkó hord képességének megitélésénél az szolgál, hogy bizonyos súlya mellett mily erőt képes a súlyok emelésénél vagy megtartásánál kifejteni. Régenten aszerint itélték meg a mágnes jóságát, hogy elbirja e saját sulyát, illetve annak többszörösét. A mágnesnek, a hordképesség növelése czéljából, különféle alakot adtak, melyek olykor nagyon is complicáltak voltak; végre azonban - mely a legczélszerűbbnek bizonyult a patkó alakban állapodtak meg. Ha akár a természetes, akár a mesterséges mágnest vasreszelékbe mártjuk, azt fogjuk tapasztalni, hogy ezen vonzó hatása a végeken legerősebb a közép felé egyenletesen csökken, bizonyítja ezt azon körülmény, hogy a közép részen alig van vas reszelék. Pontosabban is megvizsgálhatjuk ezen jelenséget, ha egy mágnest papirlappal fedjük be, a mágnes körvonala láthatóvá lesz, sőt előidézhetjük azt is, hogy a vasreszelék, mely papirra lett hintve, a mágnes irányító hatása folytán, különös alakban helyezkedik el; a végeknél sugaras irányban, a középen pedig kör alakban. A mágnesnek végei tehát különösen birnak a vonzó hatással a hatásképesség a közép rész felé mindinkább kisebbedik s végre a középvonalban úgy szólván teljesen megszűnik. - A mágnesnek két vége minőségre nézve különbőzik egymástól erről egyszerűen meggyőződhetünk, ha két vagy több mágnest összeteszünk, a midőn is az összetett végek erősíteni vagy gyengíteni fogják egymást aszerint, a mint egynemű vagy különböző végeket helyeztünk egymásra. Egynemüeknek azon végeket nevezzük, melyek egymást erősítik; különneműek azok, melyek hatásaikat gyengítik vagy néha teljesen meg is semmisítik.– Ha több mágnest oly módon függesztünk föl, vagy támasztunk meg, hogy azok szabadon mozoghatnak, azon esetben azt fogjuk találni, hogy a mágnesek egyik végükkel észak felé irányulnak, másik végükkel pedig körül-belül dél felé néznek. Ha akár az északi, akár a déli irányba tekintő végeket tesszük össze, a mágnesek nagyobb hatásképességgel fognak bírni; az összetett végek tehát erősítik egymást, s ennél fogva egyneműek.– A mágnesnek azon végét, mely észak felé irányul északi-, dél felé fordult végét pedig déli végnek mondjuk. Vizsgáljuk már most azt, hogy a mágnesnek végei egymáshoz közeledve vagy egymástól távolodva, minő hatásokat létesítenek. E célból függesszünk fel egy mágnest s közelítsünk északi sarkához egy másik delej hasonnemű végével, ekkor az a delejt eltaszítja, ugyanez történik akkor is, ha a két déli sarkot hozzuk egymás közelébe. Ha ellenben a delej északi végével a felfüggesztett mágnes déli sarkához közeledünk, ezt a delej magához vonzza; ugyancsak vonzólag hat ennek déli vége a mágneses északi végére.– A kísérletből tehát az tűnik ki, hogy a mágnesnek egynemű végei taszítják, a különböző sarkai pedig vonzzák egymást, s ha az előbb mondottakat is ide foglaljuk, akkor áll az, hogy a különböző végek egymást vonzzák, de kifelé irányuló hatásaikat csökkentik. Keressük ezek után, hogy mily nagyok a különböző végeken fellépő erők és mitől függ kölcsönös hatásuk. A feladat korántsem oly könnyű mint első pillanatra gondolnók, mert nem egy könnyen létesíthetjük azt, hogy valamely mágnesnek csakis északi vége hasson egy másiknak déli végére. Ha azonban csak megközelítőleg akarjuk a törvényszerűséget meghatározni, akkor nem kell egyebet tennünk, mint két mágnest különböző végeikkel összehozni, midőn is azt találjuk, hogy két mágnesnek végei oly erővel vonzzák vagy taszítják egymást, mely a távolság négyzetével ; ~ás arányban áll.– Ezen állításunkat igazolhatjuk Coulomb csavarási mérlegén is. Coulomb csavar mérlege üvegoldalakkal ellátott szekrényből áll; ezen merőleges cső van megerősítve; melynek tetején fokozatokra osztott rézfoglalvány van elhelyezve; a cső tetejéről vékony ezüst vagy réz sodrony függ alá, mely a vízszintes síkban szabadon mozogható mágnes rudat tart. A mágnes egyensúlyba jön a reá ható erők folytán, ezek: a mágneses erő és rugalmasság ellenében kifejtett csavarási erő. A nehézség erő ezen esetben nem lesz befolyással a mágnesre, mivel súlypontja a forgási tengely alá esik; másszóval itt egy függélyes tengely körül történik a forgás, az egyensúlyi helyzet tehát független lesz a nehézségtől, mert ez tudvalevőleg nem gyakorol hatást a vízszintes síkban végzett munkára. Ha a mágnesvégeken föllépő mágneses erők kölcsönös hatására és magának a mágnességnek mibenlétére vonatkozólag pontos adatokat akarunk nyerni, akkor nem elégedhetünk meg durva észlelések alapján kihozott eredménnyel, hanem behatóbb vizsgálatnak kell e kérdést alávetnünk. Valamint a tömeg vonzásnál egyes pontokra bontottuk föl, az egyes testeket és e pontokból határoztuk meg azok tömegét; úgy jelen esetben is a mágneses vonzást vissza vezetjük egy pontnak a hatására és az összes hatást az egyes pontok vonzásainak összegéből határozzuk meg. A mágnesség mibenlétének és mechanikai viszonyainak ismerete különösen azért fontos ránk nézve, mivel más erőnyilvánulásokat is vele mérhetünk le, így például az electromos áramot. Hogy a mágnességnek és az általa előidézett jelenségeknek okát adjuk, egy elméletet állítunk föl, melynek következményei megegyeznek a kisérlet útján nyert adatokkal. Ezen hypothesis értelmében fölvesszük, miszerint azon testek, melyek mágneses hatást képesek mutatni, a súlyos anyagon kívül oly anyagot is tartalmaznak, melynek anyagi mennyisége végtelen kicsiny és ez hozza létre a mágneses vonzást és taszítást. Ezen, a mágnesekben előforduló súlytalan anyagot,



mágnes folyadéknak nevezzük, mely, minthogy a mágnesnek két különböző vége van, kétféle tulajdonsággal bír. Az északi végben létrejövő mágnességet az északi mágnesfolyadék, a déli végben nyilvánulót a déli folyadék hozza létre. Számításainknál mint plus és minus mennyiségek fognak szerepelni, melyek közül az északi $E = +$, a déli $D = -$ értékkel bír. A mágnes egynemű végeinek taszító hatását oly módon értelmezzük ezen hypothesis alapján, hogy feltesszük, miszerint az egynemű folyadékok taszítják egymást és pedig úgy, hogy ezen hatás a folyadék pontokkal egyenes, a köztük lévő távolság négyzetével fordított viszonyban áll. Ha például μ és μ_1 két mágneses folyadék

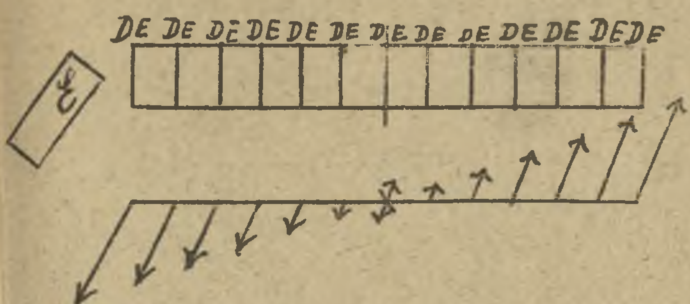


pont, r a köztük lévő távolság, akkor $\frac{\mu.\mu_1}{r^2}$ képlet fejezi ki a mágnes végeknek egymásra gyakorolt hatását. Közvetlen mérték egységünk a mágnességre vonatkozólag nincs, a rendelkezésünkre álló adatokból azonban megállapíthatunk egy mérték egységet: föltesszük ugyanis, hogy $\mu : \mu_1 = 1$ ami csak úgy lehetséges, ha a mágnes hatás $P = 1$ és $r = 1$, mértékkor $\mu = \mu_1 = 1$. A mágneses folyadékra nézve tehát egység gyanánt azon mennyiség szolgál, mely a távolság egységében az erő egységet gyakorolja. A mágneses folyadék pontok a delejen belül kicsiny molekuláris terekhez vannak kötve s pedig a mágnes egyik felében ugyanannyi mint a másik részben; ezen terekben a mágneses folyadék helyzetét változtatja, a mely alkalommal bizonyos ellenállást szenved el az anyagi részekről. Hogy a mágnesben foglalt folyadék elhelyezéséről némi képet nyerhessünk, tekintsünk egy lineális mágnest, s vegyük fel, hogy

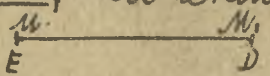


ezen delej apró terekből áll. Midőn a mágnes természetes állapotában van, akkor minden egyes térben ugyanannyi positiv mint negativ folyadék foglaltatik, melyek egymásra vonzólag hatván oly képen egyesülnek, hogy kifelé hatásokat nem gyakorolnak. Ha azonban ezen mágneshez egy mágnes északi végével közeledünk azon esetben a negativ folyadék az északi vég felé fog tódulni, a positiv folyadékra pedig ezen vég taszitólag fog hatni. Ez által azonban még nincs megfejtve az hogy mi módon történik a mágneses folyadék eloszlása a mágnes belsejében. A mágneses folyadék eloszlása a mágnes belsejében. A mágneses folyadék eloszlása a molekuláris terekben nem egyenlő de különböző mértékben történik, mert az egyes folyadék részekre nem csupán a közvetlen szomszédságukban lévő részek hatnak megosztólag, hanem a távolabb állók is. Legteljesebb lesz a megoszlása közepén, mert ott mindkét oldalról hatnak a mágneses folyadék részek és így a közepén legnagyobb erő működik. Az északi véghez fordult részen azért lesz déli folyadék, mert megoszlás alkalmával több volt a negativ mágnesség, mely az északi folyadék hatását lerontotta, de még ezen kivül kifelé is véges hatásokat. Mind eme jelenségek, melyek a mágneseknél akkor jönnek létre, midőn ezek egymás közelében vannak, nem érdekelnek bennünket, mert igen bonyolultak, de vizsgálni fogjuk azt az esetet, midőn valamely mágnesre egy másik mágnes végtelen távolságból hat. — Ha igen nagy távolságból hat a mágneses erő, akkor az épen úgy mint a föld vonzása egy kis helyen tudniillik a középponton belül egyenlő nagyságú és irányú lesz. A végtelen távolságból ható mágnes tehát állandó irányú és nagyságú erőt fog létesíteni. Ezen erő két tényezőtől függ; a mágneses folyadék <u>mennyiségétől és minőségétől nem különben a distanciától</u>. Két pont között a mágneses folyadék hatása, a mint tudjuk egyenlő $\frac{m m_1}{r^2}$; a folyadék egységre gyakorolt mágneses erő $= \frac{m_1}{r^2}$. <u>A folyadék egységre gyakorolt mágneses erő a mágneses folyadék intenzitásának neveztetik.</u>

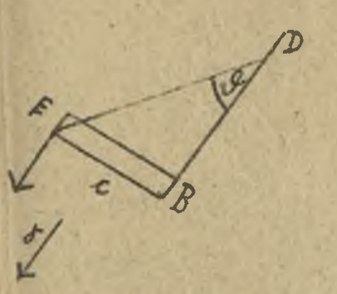
A gyorsulást itt is úgy kapjuk meg, mint a nehéz testek mozgásánál, tudniillik a $\frac{m \cdot m'}{r^2}$ értéket elosztjuk a súlyos tömeggel (m), a mi jelen esetben nem más mint maga a mágnes. A gyorsulás g tehát $= \frac{m \cdot m'}{m \cdot r^2}$. A tömegvonzás - mint azt a mechanika tanítja - minden anyagra vonatkozólag ugyanazon irányú; a mágnességnél az erő iránya 2féle lesz, mert positiv és negativ folyadék van a mágnességben. Midőn a következőkben a mágnes erő viszonyairól fogunk szólani, mindig az északi mágneses folyadékra gyar-



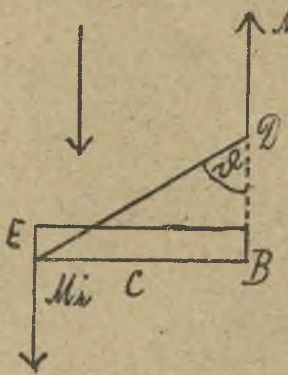
korolt erőt értjük. Hogy egy mágnesnek, mely valamely nagy távolságban lévő állandó mágnesnek hatása alatt áll, magaviseletét megállapithassuk, ismernünk kell a mágneses erő intensitásának irányát és nagyságát. Ha az erő irányát <u>a</u> jelöli, akkor minden északi pont ezen irányban fog hatni. Midőn a nehéz testek egyensúlyi viszonyait tárgyaltuk, akkor könnyebb megértés végett a súlypont fogalmát hoztuk a számitásba, mely pontban az egész test súlyát összepontositva gondoljuk és az általa végzett munkát egyenlővé tettük az egész test munkájával. Itt ugyanazon eset áll elő mint a nehéz testeknél, t.i. minden egyes pontra párhuzamos erők hatnak; ezeket is helyettesithetjük tehát egy pontnak ereje által; minthogy azonban a mágnesben kétféle mágneses folyadék létezik, azért a mágneses folyadékra gyakorló összes erőt az északi és a déli pontnak ereje által fejezzük ki, mely pontokat <u>polusoknak vagy sarkoknak</u> nevezzük. A mágneses erő viszonyainak tárgyalásánál tehát csak két pontra: <u>az északi és a déli polusra</u>, kell tekintettel lennünk. Az ezen sarkokat összekötő egyenes a



<u>mágnes tengelyének</u> neveztetik. Ha egy mágnest oly térbe hozunk, hol az intensitása <u>a</u>, akkor a mágneses folyadékra gyakorolt összes erőt a két polus ereje fogja kifejezni; ezen erők haladó mozgást nem fognak létesiteni, mert egyenlő nagyságúak és ellenkező irányúak, de létre hoznak forgó mozgást, melynek forgási viszonyait részletes tárgyalásnak vetjük alá, mivel a forgató képességet és a forgási nyomatékot kiszámithassuk, két adatra van szükségünk; a forgást létesitő erő nagyságára és az erő karjára; a forgási tengely itt semmi befolyással sincs a forgási momentumra. Minthogy a mágnesre ható erők a mágnest ugyanazon értelemben for-

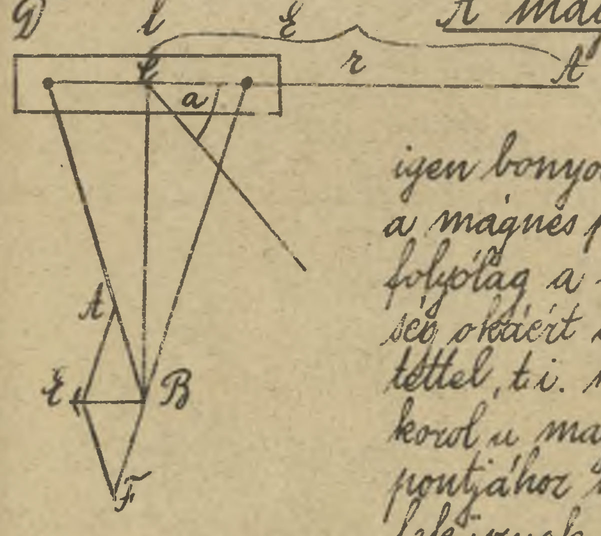


gatják a két polusra ható erők forgási nyomatékainak egyenlőknek kell lenniök. Legyen C. a forgási pont, akkor az északi pólus forgási képessége M. i C F vagyis az erőnek és az erő karjának a szorzata; /: i a mágneses intensitást jelenti :/ a déli sarknál a forgató képesség M. i B C.



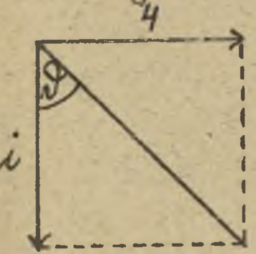
Az egész forgási képessége e kettőnek összegével lesz egyenlő, vagyis Mi CF + Mi BC, ha az Mi.-t mint közös tényezőt kiemeljük, a CF + BC értékeket tényleg összeadjuk; melyek BF összeget adják, akkor az összes forgási nyomaték egyenlő Mi.BF-el. Minthogy pedig a BF nem egyébb mint a BDF derékszögü háromszögnek a ϑ szöglettel szemben fekvő befogója sigy = DF sin ϑ, az előbbi képletbe ezen értékeket helyettesithetjük. Az összes forgató képesség ennélfogva Mi DF sin ϑ. Ha az FD-t /egy betüvel l-nek jelezzük, akkor Mi. l sin ϑ fejezi ki az egész forgási momentumot, mely értékben i = mágneses intensitással; M.l = az ugynevezett mágneses momentummal, mely egy és ugyanazon mágnesnek bármely állásában is változatlan marad, de különbözik az egyes mágnesek szerint ϑ = a mágneses tengely és a mágneses momentumot M-el jelölve a forgató képesség egyenlő lesz i.M. sin ϑ. Ha ezen képletet megtekintjük, azt fogjuk találni, hogy ez analog azon tétellel, melyet a nehéz testekre vonatkozólag állitottunk föl s melyet a mechanikában következőleg fejeztünk ki: g.ms. sin ϑ, e kettő között csupán az a különbség, hogy míg a mágnesnél a mágneses momentum állandó, addig az ms a nehéz testeknél változik. A mágneses tengely nem esik össze minden körülmények között a mágnes geometriai tengelyével [: mágneses tengely alatt ugyanis azon egyenes vonalat értjük, mely a mágnes sarkait összeköti :] olyan esetekben a mágnest, ha például mint mágnestü szerepel, mindkét oldalán helyezzük be, midőn is a mágneses tengely két különböző helyzettel fog birni; ezek között a közép helyzet adja a mágneses tengelyt. Az összetett inga lengési idejének meghatározására csekély kitérések -

...ál a következő kifejezést találtuk: $T=\pi\sqrt{\frac{K}{mgs}}$ hol K az ingának tehetetlenségi momentumát, m a tömeget, s a hosszát g pedig a nehézség gyorsulását jelenti. Ha tekintetbe vesszük, hogy mg az inga sulyát, következőleg mgs a nehézségerő legnagyobb forgási momentumát fejezi ki, akkor az előbbi kifejezésbe mgs helyett iM-et, vagyis a mágnesre ható erőnek forgási nyomatékát téve, oly képletet nyerünk, mely a mágnes lengési idejét adja. E szerint tehát a mágnes lengési ideje $T=\pi\sqrt{\frac{K}{iM}}$.



A mágneses távolhatás iránya és törvényei.

Ha mi valamely mágnesnek kifelé irányuló hatását keressük, azon esetben igen bonyodalmas dologgal állunk szemközt, mert a mágnes polusok viszonyos elhelyezése s ebből kifolyólag a hatás is igen különböző lehet; könnyebbség okáért csak két extrem esetre leszünk tekintettel, t.i. keresni fogjuk, hogy minő hatást gyakorol a mágnes azon pontokra, melyek a középpontjához húzott vizszintes és merőleges egyenesben feküsznek. Vegyük az első esetet vagyis midőn a mágnes az A pontra hat. A mágnesnek E és D polusainál egyenlő mennyiségű mágneses folyadék foglaltatik, ezen sarkok azonban különböző képen fognak az A pontra hatni, mert míg az E-ből jövő erő taszitólag, addig a déli polus vonzólag hat az A pontra. A déli saroknak vonzó hatása azonban kisebb lesz, mint az E-ből jövő taszitó erő, mert távolabb fekszik az A-tól s azért, ha a mágneses erő hatását ismerni akarjuk, a kisebb erőt ki kell vonnunk a nagyobból. Az eredő erőt tehát a kettőnek különbsége fogja adni. A mágneses erő hatásának általános ismertetésénél Coulomb csavarási mérlegével tapasztalati úton megállapitottuk azt, hogy az erő a mágneses folyadékkal egyenes, a távolság négyzetével pedig forditott arányban áll. Ennélfogva úgy az északi mint a déli polusról ható erő egyenlő lesz a mágneses folyadék pontnak és a távolság második hatványának a viszonyával. Az északi sarkra vonatkozólag a distantia $(r-\frac{l}{2})$ lesz, hol $\underline{r}$ a $\underline{DA}$ távolságot $\frac{l}{2}$ pedig a mágnes felét fejezi ki; az $\frac{l}{2}$-et le kell vonnunk az r-ből, mert a mágnes által kifejtett erőket a polusokban lévő erők által helyettesitjük, s ennél fogva a mágnesnél csakis a sarkokra vagyunk tekintettel, a többi pontokat figyelmen kivül hagyjuk; a déli sarknál a hatás távolságot az $(r+\frac{l}{2})$ fogja kifejezni, s ennél tehát az $\frac{l}{2}$ mint összeadandó szerepel, mert a D pont a mágneses tengely tulsó oldalán fekszik, E-re vonatkozólag tehát a mágneses erő $= \frac{M}{(r-\frac{l}{2})^2}$; D-nek ható ereje $\frac{M}{(r+\frac{l}{2})^2}$. A mágneses erő, melyet a mágneses polusok a vizszintes tengelyben fekvő A pontra hatnak $= \frac{M}{(r-\frac{l}{2})^2} - \frac{M}{(r+\frac{l}{2})^2}$. Ezeket közös nevezőre hozva, kapjuk, hogy az erő $= \frac{M(r+\frac{l}{2})^2 - M}{(r-\frac{l}{2})^2}$. A zárjelben lévő jelölt müveletet végrehajtva, az eredő egyenlő $\frac{M.(r^2+rl+\frac{l}{4}^2)-M(r^2-rl+\frac{l}{4}^2)}{}$; a M-it kiemelve $= \frac{M[(r^2+rl+\frac{l}{4}^2)-(r^2-rl+\frac{l}{4}^2)]}{(r^2-\frac{l}{4}^2)^2}$ Ha a számlálóban a kivonást tenyleg akarjuk végre hajtani, akkor a kivonandónak előjeleit meg kell változtatnunk, lesz tehát: $M(r^2+rl+\frac{l}{4}^2)-(r^2-rl+\frac{l}{4}^2) = \frac{M(r^2+rl+^2-r^2+rl-^2)}{(r^2-\frac{l}{4}^2)^2} = \frac{M(2rl)}{(r^2-\frac{l}{4}^2)^2}$ Az $\underline{l}$ magában véve is kis mennyiség, tört-hatványai ennél fogva oly elenyésző kicsinyek, hogy bátran elhanyagolhatók, s igy az $\frac{l}{4}^2$ kimaradhatna nevezőből. Az összes hatás tehát egyenlő $\frac{2Mlr}{r^4}$, vagy r-el rövidítve $= \frac{2Ml}{r^3}$. $\underline{Ml}$ a mágneses momentum melyet M-nek neveztünk és akkor az erőhatás $= \frac{2M}{r^3}$. A második extrém esetre vonatkozólag szintén a két polus hatását veszük tekintetbe; az északi sarkot a függélyesben fekvő B pont taszitani fogja; a déli polusra ellenben vonzó hatást fog gyakorolni, A B pontra ható erők nagyságára nezve ugyan egyenlők, de nem ellenkező irányuak, mert bizonyos szögletet képeznek egymással. Az eredő erő nagyságát meghatározhatjuk a $\underline{BGF}$ és $\underline{DBE}$ hasonló háromszögekből, (hasonlók azért, mert oldalaik páronként párhuzamosak:) melyeknél a megfelelő oldalok arányosak (megfelelő oldalok azok, melyek egyenlő szögekkel fekszenek szemközt:) $\frac{M}{r^2} : BG = (EB=r) : (DE=l)$. Ebből a kültagokat és a beltagokat megszorozva, mindegyiket külön, $BG\, r = \frac{Ml}{r^2}$. $\underline{r}$-et osztónak átvive $\underline{BG = \frac{Ml}{r^3}}$ $Ml = M$ s igy $BG = \frac{M}{r^2}$. A lehozott két esetből látható, hogy a mágnes távolhatás az előre bocsátott feltételek mellett a távolság köbével fordított arányban áll. Oly erővel lesz tehát itt dolgunk[4], mely a mágnes tengelyével párhuzamos és a középponttól húzott összekötő egyenesre merőleges. Ha valamely mágneses erő intensitását ismerjük, akkor bármely más mágneses intensitását is meghatározhatjuk oly módon, hogy a másikra merőlegesen föállítjuk, a midőn a kérdéses intensitás a kitérési szöglet tangensével arányos. Legyen például egy ismert nagyságú mág-



neses erőnek az intensitása, i, keressük, akkor $i_1 = i \tan \vartheta$. Tapasztalásból tudjuk, hogy egy vízszintes síkban szabadon mozgó mágnes, valahányszor nyugalmából kizavartatik, mindig ugyanazon délészaki-irányban helyezkedik el és ebből azt következtetjük, hogy a föld valamely mágneses része az egyik sarkot vonzza, a másikat pedig eltaszítja. A földet tehát úgy tekinthetjük mint egy mágnest, melynek azon képessége, hogy a szabad mozgású mágneseket mindenkor a világ tájak szerint irányozza földmágnességnek neveztetik. A föld mágneses ereje, épen úgy mint bármely más erő, meg lesz határozva az erő nagysága és iránya által. Az irány közvetlenül nincs adva, mert a közönséges mágnes nem helyezkedik el a föld mágnességének irányában; a mágnestű csakis azon esetben mutatja a földmágneses irányát, ha súlypontjában függesztjük föl és körül forgatjuk. Midőn a föld mágneses erejének irányító hatását akarjuk meghatározni, tulajdonképen az a feladatunk, hogy megjelöljük egy egyenes fekvését a térben, erre pedig két szöglet szükséges. A fenforgó esetben ezen szögletek képezve lesznek a vízszintes sík, a meridián és azon képzeleti sík által, mely a nyugvó mágnesre merőlegesen áll. Egy mágnesrudat felfüggesztve azon tapasztalatra jutunk, hogy annak északi vége nem mutat pontosan az északi sark felé; a mágnes tehát nem esik a meridián síkjába, hanem valamennyire eltér nyugat felé: ebből azt következtetjük, hogy a föld mágneses polusai tengelyeinek végpontjaival nem es-

-nek össze, de azok közelében feküsznek. A nyugvó mágnesen át-képzelt függélyes sikot mágneses délkörnek nevezzük; ez tehát a csillagászati meridiánnal bizonyos szögletet képez, mely mágneses elhajlásának (declinationak) neveztetik. Ez az elhajlás a föld különböző vidékein különböző nagyságú és irányú, azaz vagy nyugati vagy keleti, néhol pedig 0, ott t.i. a hol mágneses meridián összeesik a csillagászati délkörrel. Ha például valamely helyre vonatkozólag azt mondjuk, hogy a declinatiója nyugati, ez alatt azt kell érteni, hogy ha a meridián sikot kijelöltük, akkor azon függélyes, melytől néhány foknyira nyugat felé eltér, a mágneses meridiánt adja. A declination kivül még egy szögre van szükségünk, hogy a föld mágneses erejének irányát pontosan kijelölhessük; ezen szöglet ismeretéhez is egy lineális mágnes által jutunk. Ha ugyanis valamely mágnest úgy függesztünk föl súlypontjában, hogy vízszintes tengely körül föl és alá mozoghat, akkor a mágnes korántsem marad vízszintes helyzetben, hanem azon kivül, hogy a mágneses délkörbe fordúl, még északi végével le is hajlik. Azon szög, melyet a mágnes iránya a vízszintessel képez, mágneses lehajlásnak (inclinationak) neveztetik. Az inclinationál több dologra kell ügyelnünk; így a többi között a mágnes forgási nyomatékára is tekintettel kell lennünk, mert a mágneses lehajlásnál a mágnes a nehézség erőnek is alá van vetve.

Az electromosság.

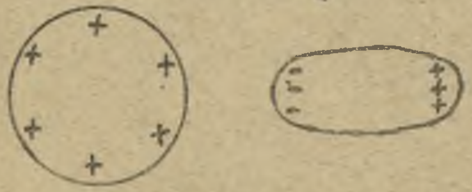
Az electromosság jelenségeit a borostyánon észlelték először, innen neve electron. Már az ókori görögöknek tudomásuk volt arról, hogy a borostyán, ha dörzsölés által kiëríttetik természetes állapotából, oly tulajdonságot nyer, hogy a könnyű testeket, például apró papír szeletkéket magához vonz, és érintkezvén velük azokat eltaszítja. A borostyánnak ezen tulajdonságát electromosságnak nevezzük. A borostyánon kivül még igen számos test van, melyek így dörzsölés által electromos állapotba hozhatók. Az electromos testek electromos állapota mint említettük abban nyilvánul, hogy azok apró tárgyakat

úgy pld. papir, bodzabélgolyócskákat képesek magukhoz vonzani
és ismét eltaszitani. Midőn ezen testek az electromos anyagokkal érint-
keznek, szintén electromossá lesznek, mely állapot azonban nem so-
káig tart, az eltaszitott test bizonyos idő mulva ujra visszatér természe-
tes állapotába, sőt ha kezünkkel érintjük azonnal megszünik az e-
lectromos állapot; kezünkkel tehát mint egy elvonjuk az electromos-
ságot.- Ha a különböző anyagú testeket vetjük vizsgálat alá, azt ta-
pasztaljuk, hogy vannak olyan testek, a melyek kézben tartva elec-
tromos állapotba hozhatók, ezek az üveg, kautsuk, gyanta, stb. ellen-
ben vannak olyanok, a melyek kézben tartva, electromos állapotba
nem hozhatók. Az előbbieket szigetelőknek, az utóbbiakat vezetők-
nek nevezzük. Dörzsölés úgy a szigetelő mint a vezető testekben ger-
jeszthetünk electromosságot, de ha kezünkben tartottuk a fémdarabot, mi-
dőn természetes állapotából kitériteni akartuk, az nem lett electromos-
sá, mert a keltett electromosságot elvezette; azért tehát ha fémeknél
dörzsölés által akarunk ily tüneményeket létre hozni, valamely szige-
telőre pl. üvegrudra kell erősitenünk.- Hogy a fémek csakugyan veze-
tik az electromosságot, arról meggyőződhetünk, ha két fémgolyót fém-
huzallal kötünk össze; az egyik golyó dörzsölése alkalmával keltett
electromosság a közbeiktatott huzalon átterjed a másik gömbre mit
azon körülmény bizonyit, hogy a rajta elhelyezett arany lemezkék
egymástól eltávolodnak.- Ha egy gyanta vagy kautsuk rudat meg-
dörzsölünk és ezekkel valamely szigetelőre helyezett fém lemezeket érint-
tünk, azon esetben ezek eltávolodnak egymástól; ha azonban a le-
mezek egyikét gyanta ruddal, másikat pedig dörzsölt üveg pálczá-
val hozzuk érintkezésbe, akkor ezek, még ha távolabb állták is, kö-
zeledni fognak egymáshoz. A mondottakból kitűnik, hogy a tes-
tekben kétféle electromosságot kelthetünk, az egynemű electromos-
sággal biró testek taszitják, a különneműek vonzzák egymást.
A különböző testek electromos állapotának megvizsgálásánál vagy ü-
veg vagy pedig kautsuk rudat szoktunk alkalmazni; ha azt talál-
juk, hogy valamely electromos állapotba hozott test a hozzája köze-

lített kautsukra vonzólag hat, azon esetben az illető anyagban az üvegelectromosság van jelen, ha azonban taszítja a rudat, akkor electromossága a kautsukéval egyenlő. A testekben keltett electromosság átterjed az azt környező közegre: folyadékra v. levegőre is és ennek az a következménye, hogy a természetes állapotukból kitéríttetik, minthogy a testel azonos electromos állapottal bírnak, ennek felületéről eltaszíttatnak minek folytán valóságos légáramlat keletkezik azon test körül; ezen áramlat oly nagy fokú is lehet, hogy a közelben elhelyezett gyertya lángját eloltja. Hogy a dörzsölés által ébresztett electromosságot kényebben és kényelmesebben állíthassuk elő, ezen czélra a Winter féle dörzsvillamgépet alkalmazzuk, melynek lényeges részeit képezik: egy üveg korong, mely üvegtengely körül foroghat; ezen korong mellé rúgok segélyével párnák vannak erősítve. Ha az üveg korongot forgatjuk, ez a bőr vánkosokhoz dörzsölődik s ez által electromossá lesz, mely electromosság egy korong előtt álló fémgolyóba vezettetik. Ezen fémgolyót, minthogy vele mint egy összegyűjtjük az electromosságot gyűjtőnek nevezzük.- Az electromos állapotú testeknek egymásra való hatását -, úgy mint ezt a mágnességnél tettük a Coulomb féle csavarási mérleggel határozhatjuk meg, mert ennél kísérletezés alkalmával, a nehézségerő hatása az electromos testekre vonatkozólag ki van zárva. A csavar mérleg fonalára két egynemű electromossággal bíró lemezt függesztve, ezek eltaszítják egymást, melynek következtében a fonál elcsavarodik, a csavarodás nagyságából az tűnik ki, hogy az electromos testeknek egymásra gyakorolt hatása a távolság négyzetével fordított arányban áll.- Ezen sokféle alakban nyilvánuló jelenséget pontosabb méréseknek is alávethetjük, ezt megelőzőleg azonban az electromos állapot mibenlétéről kell legalább némi fogalmat szereznünk. Minthogy ezen tüneményeknek okát adni nem vagyunk képesek, elmélethez fordulunk, melynek az ide tartozó jelenségek meglehetős pontossággal hódolnak. Ezen hipothesis értelmében az egyes testekben kétféle electromos folyadék létezik, mely az anyagokban egyenletesen van elosztva, ezen folyadékokról ép úgy mint az electromos folyadékról egyike az üveg electromos állapotában nyilvánúl, a másik a gyanta electromosságát hozza létre. Az előbbit positiv; az utóbbit negativ electromosságnak nevezzük. A Coulombféle mérleg segélyével megállapitott törvény csak azon esetben áll az electromos testekre nézve, ha tömegük a közöttük lévő távolsághoz képest igen kicsi; legpontosabban hódolnak tehát a fent emlitett törvénynek az electromos folyadék pontok. Ha két ilyen pontra vonatkozólag keressük a vonzó vagy taszitó erő nagyságát, akkor állani fog az, hogy ezen erő az electromos pontokkal egyenes a közöttük lévő távolsággal forditott viszonyban áll. A vonzó v taszitó erő $F = \frac{ee}{r}$. Ha már most feltesszük, hogy $e = e_1 = 1$; és r. is egyenlő egy, akkor $P = 1$; más szóval ez azt jelenti, hogy két test akkor van az electromos állapot egységében, midőn 1 cm távolságból oly erővel hatnak egymásra, mely egy gramm[?] tömeget az időegység alatt 1 cm sebességgel mozgat. Az electromos folyadék egységeül tehát oly folyadék mennyiséget választunk, mely a távolság egységében az erő egységet gyakorolja. Ha az electromos jelenségeket behatóan akarjuk tárgyalni azon összefüggést, mely a különböző electromossággal biró testek között fennáll, akkor nem elégséges csupán az electromosságra fölállitott hypothesist ismernünk, nem csak azt kell tudnunk hogy egy súlytalan mennyiségére és nagyságára nézve végtelen csekély electromos folyadék hozza létre ezen tüneményeket, de meg kell határoznunk azt is, hogy ezen electromos folyadék minő viszonyban van a súlyos testekkel, vagyis hogyan van az a vezetőkhöz és a szigetelő testekhez kötve. Vezető testekben az electromos folyadék, minthogy azok könnyen veszik föl és könnyen bocsátják el az electromosságot szabadon mozoghat, útjában legfeljebb oly akadályok léphetnek fel, mint egy súlyos testnek, ha valamely közegben tova halad. Szigetelők ellenben az electromos folyadékot mintegy megkötik azokban nagy erők működnek az electromos folyadék mozgása ellenében.

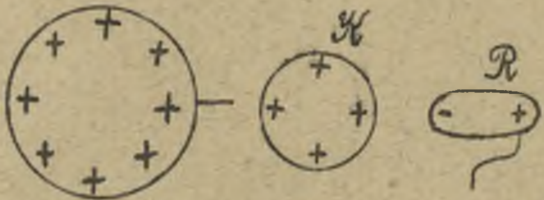
Az electromosság megoszlása.

Az electromos folyadék általában a természetes állapotu testekben egyenletesen oszlik el, ennek következtében hatásokat kifelé nem gyakorolhat; ha azonban valamely testben az egyik electromos folyadék mennyisége nagyobbodik, akkor a kölcsönös vonzás után még fennmarad egy rész a nagyobbik mennyiségü folyadékból mint szabad electromosság és ezzel a test már kifelé is fog hatásokat létesiteni. Magában a test nem képes természetes állapotát megváltoztatni, csakis munka végzés által kelthetünk az egyes testekben electromosságot. Ha pl. egy természetes állapotú testtel közeledünk egy electromos állapotban levő testhez, akkor az előbbi is electromossá lesz, a két féle electromos folyadék ugyanis rendeződni fog; a megoszlás folytán a negativ elect. folyadék közeledni fog a + electromos testhez, a positiv pedig a taszitó erő miatt a test tulsó végére fog huzodni. Jelen esetben a két testnél a vonzó erő lesz nagyobb, mert a – folyadék közelebb van az elect. testhez mint a +. Ezen nagyobb erőnek engedve annyira közeledben ezen testek egymáshoz, hogy végre érintkeznek akkor a különnemü elect. folyadékok kiegyenlitik egymást és ismét helyre áll a természetes állapot; ha azonban a + electr. [illegible] biró testnek ereje nagyobb, akkor a kiegyenlités csak részben történik meg, a fönnmaradt electromosság mindkét testben elterjed és akkor ezek eltaszitják egymást. – Keressük már most hogy van az electromosság eloszolva egy oly vezetőben mely szigetelő száron áll s minden más elect. testtől el van zárva. Az elect. folyadékok kölcsönös hatásából következtetett, azt állithatjuk, hogy az ilyen elszigetelt vezetőkben az electromosság nem foglalhat másutt helyet csak is a felületen. Az elect. folyadékok elhelyezkedése ugyanis mindenkor a bennük nyilvánuló erők hatása folytán történik. Ez pedig, a mint tudjuk, mint taszitó erő jelentkezik. az elect. folyadékok tehát taszitani fogják egymást mindaddig, migcsak oly térbe nem jutnak, hol a köztük levő erőhöz még más erők is járulnak, – ezen hely pedig ott lesz, hol a vezető a szigetelővel érintkezik, mert a szigetelő a taszitó erőt ellensulyozza. – Ezen állitásunkat igen könnyen bebizonyithatjuk egy elszigetelt lemhengerrel, melynek belsejében és tetején bodzabél golyók vannak elhelyezve; kisérletezés alkalmával a felületén lévő golyók eltaszítják egymást, annak jeléül, hogy köztük egynemű electromosság van, a belsők azonban teljes nyugalomban maradnak. Vezetők által körülvett térben tehát az electromos hatás nem nyilvánul. Ha oly vezetőkben keressük az electromos eloszlást, melynek egymás szomszédságában vannak, akkor azt találjuk, hogy a szemben fekvő oldalon az ellentett, a túloldalon az egynemű electromosság fog helyet foglalni. Ha az eltaszított positiv electromosságot egy vezető segélyével a földbe vezetjük, akkor a vonzott negativ folyadék fogja az egész testet kitölteni. Ezen tüneményt electromos influentiának mondjuk, melynek ismerete főleg az electromos sürités szempontjából kiválló fontosságú.



Az electromos sürités.

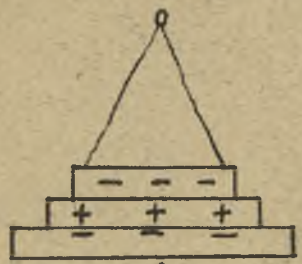
Electromos sürüség alatt értjük az electromosság nagyobb mennyiségét valamely vezetőben; minél több electromosságot vagyunk képesek összegyüjteni egy vezető testben, annál sürübb lesz az electromosság. Hogy valamely természetes állapotú testben electromosságot kelthetünk és hogy abban az electromosságot összegyüjthetjük, azt az influentiának köszönhetjük tisztán influentia által electromossá tehetünk testeket pl-dául arany lemezeket és pedig úgy, - hogy egy megdörzsölt üvegruddal közeledünk hozzájok, ha most az üveg rudat elveszük, a positiv electromosságot pedig a lemezekből a földbe vezetjük, akkor azok egynemű electromossággal telnek meg s egymást eltaszítják. Negativ electromossággal közeledve a lemezekhez, mindig csak a széthajlás jelensége áll elő és ez igen alkalmas körülmény az electromosság fajának meghatározására. - Ha a dörzselectromos gépet forgásba hozzuk, akkor a gyüjtőben az electromosság mennyisége mennyisége mindinkább nagyobbodik, vagyis az electromos sürüség növekszik; ezen süritést azonban nem lehet a végtelenségig fokozni, mert az electromos gépnél sok oly tényező lép fel, melyek a sürítést csökkentik illetve akadályozzák: így a levegőbe sok electromosság áramlik el, a gépezet álványa sem absolut jó szigetelő; befolyással van továbbá a a gyüjtő alakja is. Az electromosság tehát bizonyos határig szaporodik a gyüjtőben a dörzsgép folytonos forgatása következtében, ezen túl azonban a mennyi electromosságot fölvesz a gyüjtő, ugyanannyi áramlik is el belőle.–



Vizsgáljuk most azt, hogy R vezetőnek mily hatása van az electromos sűrítésre. A K vezető testben ezen alkalommal több electromosság fog összegyülni, mint akkor, midőn R nem volt közelében, mert míg a középső (K) vezető csak egyedül volt a conductor mellett, akkor electromosságát azon erő folytán nyerte, melyet a gyüjtő a vezető electromosságára gyakorolt; ha azonban R közelében van, azon esetben a conductor által kifejtett erőhöz még egy más erő is járúl, mely erők két oldalról mintegy áttaszítják a positív electromosságot. Egy oly vezető tehát, melyre electromos influentia gyakoroltatik, egy másik vezetőben electromos sűrítést létesít.– Az electromosság sűrítésére többféle eszközünk van ilyen például a Kleist féle leydeni palaczk. Henger alakú edény, alsó része kivül és belül staniol lemezzel, felső része pedig és a nyaka szigetelő anyaggal van bevonva. A nyakon keresztül elszigetelten gombos végű fémpálcza nyúlik le a palaczk fenekéig.


Leydeni palaczk.

Ha a sűrítőt kezünkbe fogjuk, ez által a külső rész testtünk közvetitése mellett a földdel van kapcsolatban, s ha így a működő electromos gép gyüjtőjéhez közeledünk gombjával, a belső boritékon a positív, a külső lemezen a negatív electromosság fog összegyülni.– Hogy az egyszer keltett electromosságot ne csak összegyüjteni, de hosszabb ideig megtartani is képesek legyünk, ezen czélra az electrontartó (electrophor) szolgál. Ón lemezzel bevont tapra sima felületű gyanta lepény (: újabban pedig kautsuk lemez :) van elhelyezve, erre pedig egy vezetőből készült korong illeszkedik, mely üveg ruddal vagy valamely más szigetelővel fölemelhető.– Ha a gyanta lepényt vagy kautsuk lemezt megdörzsöljük, abban negativ electromosság keletkezik. Ha a vezetőt a lepényre he-

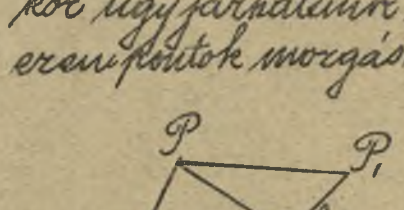


Electrophor.

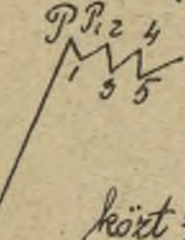
lyezzük, ebben az electromosság megoszlik: a posi-
tiv electromosságot a lepény magához vonza és meg-
köti, a negativot pedig eltaszitja, ez tehát szabad s
ha kezünkkel a földet érintjük, a földbe áramlik.
A gyanta lepényben megkötött + és – electromosság
huzamos ideig megmarad, s innen kapta a készü-
lék electromtartó nevét. – A sűritők segélyével na-
gyobb mennyiségü electromosságot nem igen tudunk összegyüjteni, a-
zért olyesetekben, midőn nagy mennyiségü electromosságot akarunk e-
lőállitani, az úgynevezett influentia gépeket alkalmazzuk. Legna-
gyobb hatásképességgel bir ezek között a Holz-féle influentia gép, mely
ha egyszer electromos állapotba lett hozva, képes az influentia folyt-
tán az electromosság igen nagy mennyiségét eszközölni. A gépezet lé-
nyeges alkotó részeit képezik: egy üveg korong, mely tengelye körül for-
gatható; mögötte egy nagyobb területü üveg korong van elhelyezve,
és ezen vannak az influentiát létesitő vezetők. Eme conductorok,
melyeket fegyverzeteknek nevezzük, papir szeletkékből állanak és
csúcsos végükkel a forgó korong felé állanak. A fegyverzettel szem-
ben, a forgó korong tulsó oldalán, két fésü alakú szerkezetet talá-
lunk, melyeknek egyike mint gyüjtő, másika mint vezető mü-
ködik; e gépezetnél ujabban a golyó alakú conductorok helyett ley-
deni palaczkot szoktak alkalmazni. Meg kell emlitenünk azt, mit
már különben jeleztünk is, hogy az electromosgép forgatása által
csak azon esetben fogunk electromosságot nyerhetni, ha megelőző-
leg electromossá tettük a fegyverzetet. Első dolgunk tehát a papirleme-
zeket electromossággal megtölteni; érinthetjük például dörzsölt ka-
utsuk lappal; midőn negativ electromos állapotba hoztuk a szer-
kezetet. – Egy átmetszetet képzelve a gép működése és az electromos-
ság fejlesztése könnyebben megérthető. Ha a papir fegyverzet olyan
elhelyezésben van, mint az a mellékelt ábra mutatja, azon eset-
ben a – electromosság a + ot a csucsokba fogja vonzani, a nega-

tivot pedig eltaszítja. A forgó üvegkorong electromossága
azonban visszahat a papir fegyverzetre, tudni illik a
– electromosságot magához vonzza, a +-ot ellenben elta-
szítja. Ha tehát az üveg korongot a fegyverzettel ellen-
kező irányban forgatjuk, akkor azt érjük el, hogy a
fegyverzet mögött positiv, a csúcsok előtt negativ elec-
tromosság fog létre jönni. A papir lemezekből annál nagyobb meny-
nyiségben áramlik át az electromosság az üvegkorongra, minél több
electromosságot közöltünk velük, viszont annál nagyobb visszahatás-
sal lesz az üveg korong a csúcsos lemezekre, minél inkább forgat-
juk, illetőleg minél nagyobb mennyiségű electromossággal látjuk
el. A mondottakból kitűnik, hogy az electromosság az influentia
gép forgása közben fokozatosan gyarapodni fog, de a jelen esetben is
meg van a sürítésnek a határa épen a sürítőknél említett okok-
nál fogva tudni illik, hogy a gépezetet teljesen elszigetelni nem i-
gen lehet, mert a környi levegőbe is sok electromosság áramlik
el.– Az electromosság előállítása, úgy a Holz-féle gépnél, mint a kisebb
hatályosságú sürítőknél is mechanikai munkát igényel; de viszont e-
zen electromosságot munkává alakíthatjuk át. Ha egy fémgolyót,
mely positiv electromossággal van megtöltve, természetes állapotába akar-
juk hozni, akkor csak ujjunkkal kell megérintenünk; ha más ellen-
tett electromosságú vezetővel közeledünk hozzá, ezek egymást vonzani
fogják s ha ezen vonzóerő elég nagy arra nézve, hogy a levegő ellen-
állását legyőzze, akkor a különnemű electromosságok a levegőn keresz-
tül kiegyenlítik egymást, mely kiegyenlítődés szikra alakjában történik,
mellyel kapcsolatban hangot, fényt és hőhatást észlelhetünk. Hogy
az electromos szikra milyen hosszú, illetve hogy mily nagy azon tá-
volság, melynél két különnemű electromosságú test egymást ki-
egyenlíteni képes az sokféle tényezőtől függ; befolyással van reá a
vezetők electromos mennyisége, tehát az electromos sürüség, a veze-
tők alakja, továbbá az is, hogy mily közegen át történik a kiegyen-
lítődés. Rendes körülmények között 10 cm azon distantia, melyet a

szikra képes, légüres térben azonban több méter is lehet. Az electromos szikra erős fénye mellett, több nevezetes hatással, a többek között hő és vegyi hatással is bir. Ha aetherbe, vagy hevített alkoholba pattantjuk, ezt meggyujtja, továbbá a durranó gázt és ezen alapszik az electromos pisztoly, egy durranó léggel töltött fémedény, melybe oldalt elszigetelt fémpálcza nyúlik be, nyilása be van dugaszolva. Ha a gép conductorából szikrát ugratunk a fémpálcza külső gombjára, e szikra a pálcza belső végéről átpattan az edény szemközti falára, útközben fellobbantja a gázt és ez nagy durranással kilöki a dugaszt. - Az electromosság vegyi hatásáról meggyőződhetünk, ha e kisérletet úgy eszközöljük, hogy egy kis keresztmetszetű csőben foglalt higanyra vizzel higitott kénsavat öntünk és a válasz felületet egy leydeni palaczkkal kötjük össze, azt tapasztaljuk hogy a csőben foglalt higany fonál el fog tolódni, jeléül a capillaris erő megváltozásának. Ha a kiegyenlitődés tekercs alakú fém vezetőn át történik akkor azt tapasztaljuk, hogy a fent emlitett hatásokon kivül még mágneses erőben is nyilvánul, ha előzőleg a tekercsben egy természetes állapotú aczél darabot helyezünk el, kiegyenlitődés után az mágnessé lesz. Azon hypothesis, melynek alapján az electromos állapotokat értelmezni iparkodtunk, mechanikai elmélet, mivel az ide tartozó tüneményeket mozgási jelenségekre vezeti vissza. Két féle electromos folyadékot vettünk föl a természetes állapotú testekben s ezen folyadékok közt oly erőket, melyek a Newton-féle tömeg vonzás szerint hatnak, vagyis, ha e és e_1 két electromos folyadék pont r pedig a köztük levő távolság, akkor a vonzó erő $P = \frac{e \cdot e_1}{r^2}$. - Tárgyalásunk folyamán kimutattuk azt is, hogy az electromos folyadékok mincsenek egyenlő viszonyban minden súlyos testben; nevezetesen mások a viszonyok a szigetelőkben mint a vezető anyagokban. A vezetőkről ugyanis azt mondottuk, hogy ezekben nem lépnek fel oly erők, melyek az electromos folyadék mozgását gátolnák, ezekben tehát szabadon moroghat. Megjegyeztük volt már e-több is, és most is felemlítjük, hogy a vezetők fejtenek ugyan kivémi ellenállást az electromos folyadék ellenében, ez azonban olysekély s oly kis távolságban hat, hogy bátran figyelmen kívül hagyható. A szigetelőkben ellenben az electromos erők akadályozva vannak a súlyostest belsejében föllépő nagy fokú ellenerő által. - Ezeket előre bocsátva kereshetjük azt, hogy az electromos folyadékok elmozdulás közben minő munkát végeznek. Mindenek előtt tehát a munka nagyságát kell ismernünk, mert ebből az erő viszonyokat is megállapíthatjuk. Ha az electromos folyadéknak elmozdulása közben végzett munkáját meghatározni akarjuk, akkor úgy járhatunk el, hogy egyes pontokra bontjuk föl és aztán ezen pontok mozgása által előidézett munka fejezi majd ki a



folyadék összes munkáját. Ha tudjuk, hogy az egységnyi elmozdulás mellett mennyi a végzett munka, akkor, hogy az egészet megkaphassuk, azt az electromos folyadék mennyiségével kell megszoroznunk. Vegyük föl, hogy P pont végtelen kis távolságra P_1-ig kimozdult. Ha ezen PP_1 distantia elenyészőleg csekély, akkor azon erő, melynek hatása alatt P-P_1-ig mozdult el, az electromos folyadék pont állandó; az r_1 pedig a PP_1 távolsághoz képest végtelen nagy. A P pontra ható erő $= \frac{e.1}{r^2}$. Az erő által végzett munkát megkapjuk, ha az erőt az irányába eső elmozdulással megszorozzuk. Az erő $= \frac{e.1}{r^2}$, az elmozdulás $=(r'-r)$ A P_1 és ebből a munka $= \frac{e}{r^2}(r_1-r) = \frac{er'}{r^2} - \frac{er}{r^2}$. Minthogy az elmozdulás igen kicsiny, az eredeti képletet még máskép is kifejezhetjük, t.i. hogy $\frac{e}{r^2}(r'-r) = \frac{er'}{r^2} - \frac{er}{r^2} = \frac{e}{r} - \frac{e}{r}\cdot\frac{r'}{r} = \frac{r}{r}\left(\frac{e}{r} - \frac{e}{r_1}\right)$ = minthogy az r igen kicsiny az r-hez képest és így $\frac{r'}{r} = 1$, tehát mint szorzó el is maradhat és így a végzett munka egyenlő $\left(\frac{e}{r} - \frac{e}{r_1}\right)$. — Ezen eset közvetlenül csak végtelen kis elmozdulásokra szól, de könnyen beláthatjuk, ezen mód szerint valamely véges távolságra is kifejezhetjük az electromos folyadék munkáját, mert ha nagyobb távolságra mozdul el a P. folyadék pont, az általa végzett munka az úttól független; összetehetjük oly módon, hogy az utat végtelen apró részekre bontjuk szét, minden egyes távolságnak megfelelőleg kiszámítjuk a munka nagyságát, ezek összege adja az egész munkát.

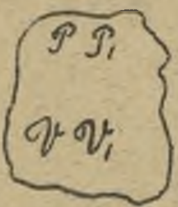


A P. pontnak munkája, midőn P_1-ig mozdult el, egyenlő $\frac{e}{1} - \frac{e}{r}$; 1-től 2-ig való elmozdulásnál $\frac{e}{r_1} - \frac{e}{r_2}$, kettő és három közt $\frac{e}{r_2} - \frac{e}{r_3}$. Ha ezen adatokat összeadjuk, akkor a közbeeső tagok kimaradnak, mivel egy esetben plus, más esetben minus előjellel fordulnak elő s így a positiv folyadék egységnek elmozdulása közben végzett munkáját minden esetben a $[\frac{e}{r} - \frac{e}{r'}]$ képlet fejezi ki. A mondottak tekintetbe vételével ezen képlet ismerete mellett képesek vagyunk már most több folyadék pontra vonatkozólag is meghatározni a munka nagyságát, mert nem kell egyebet tennünk, mint az egyes pontok hatását megállapítani és a kapott eredményeket összeadni; Ha tehát fölvesszük, hogy e_1, e_2, e_3, e_4 ..... stb electromos folyadék pontok P-erőhatása alatt elmozdulva munkát végeznek, akkor az egyes pontok munkája lesz: $\frac{e_1}{r_1} - \frac{e_1}{r'_1}, \frac{e_2}{r_2} - \frac{e_2}{r'_2}, \frac{e_3}{r_3} - \frac{e_3}{r'_3}, \frac{e_4}{r_4} - \frac{e_4}{r'_4}$ ... stb. A positiv tagokat pem különben a negativokat is külön összefoglalván, az egész munka nagyságát a következő egyenlet fejezi ki: $(\frac{e_1}{r_1} + \frac{e_2}{r_2} + \frac{e_3}{r_3} + \frac{e_4}{r_4}) - (\frac{e_1}{r'_1} + \frac{e_2}{r'_2} + \frac{e_3}{r'_3} + \frac{e_4}{r'_4} \ldots)$ (: a negativ mennyiségeknél kiemeltük a közös minus jelet vagyis jelölten szoroztuk őket -1-el és lett a másik zárjelben levő összeg plus jelű :) Ezen képlet azt mutatja hogy az electromos folyadék munkája két tényező által lesz meghatározva, ismernünk kell ugyanis az electromos folyadék mennyiségét és azon helyzetet, melyet elmozdulása közben elfoglal. Ha a munka egyenletében az első zárjelben levő tagokat V-vel a másikban levőket pedig V_1-el fejezzük ki, akkor az electromos folyadék munkája $= V - V_1$. A V-ben össze foglalt értéket electromos potentiálnak nevezzük. Ha a ható tér végtelen nagy, azon esetben az electromos potentiál nullal egyenlő mert az $\frac{e_1}{r_1} - \frac{e_2}{r_2}$ ..... összeadandókban a nevező ∞ és így az egyes törtek értéke nulla, tehát összegük is 0. A munka pedig melyet az electromos folyadék végtelen térből fejt ki egyenlő a potentiállal; ha az electromos folyadék valamely vezető-ből egy oly térbe illetve anyagba jut hol hatni nem képes (: például a földbe :) akkor is V-vel egyenlő a folyadék munkája. A mondottak alapján az electromos potentiál valamely electromos folyadéknak egy pontban létesített azon munkája, melyet az általa kifejtett erők akkor végeznek, midőn az electromos folyadék egység végtelen nagy távolságban mozdul el. Mivel pedig az electromos folyadék munkája azon esetben midőn a folyadék egy oly térben kerül, hol hatást nem fejthet V-vel egyenlő, mondhatjuk tehát, hogy az electromos potentiál azon munka, melyet az electromos folyadék végez akkor, midön valamely vezetőből a végtelenbe jut.

Mint a csepfolyós testeknél általában, úgy az electromos folyadéknál is felhasználhatjuk a niveau síkot arra nézve, hogy általa a folyadék munkáját meghatározzuk. A csepfolyós testeknél említettük volt hogy a munka, melyet valamely folyadék végez, midön egy magasabban álló edényből egy alant fekvő edénybe folyik a niveau különbség egyenlő; ezen szabály érvényes az electromos folyadékra is. Ha ugyanis a folyadéknak a niveauja egy esetben N másik esetben N_1 akkor, $N-N_1$ különbség fejezi ki az electromos folyadék munkáját.

Kérdés már most, hogyan fejtjük meg az electromos folyadék mozgásinak a problemáját? Vegyük e végből azt az esetet, hogy egy vezetőt, mely homogén anyagból áll (: egy rézgolyót például :) electromossággal töltünk meg. Egyensúly esetén ezen szerkezetben belül az elmozdulás közben végzett munkának nullal kell egyenlőnek lennie. Egy vezető belsejében csak az electromos erők fejtenek ki hatásokat ennél fogva egyik szerkezetre nézve az egyensúly feltétele oly módon lesz kifejezhető, hogy a vezető belsejében egyensúly alkalmával a munka 0-al egyenlő és ezen munka csakis az electromos erők hatása alatt létesül. Egyensúly esetében tehát egy homogén vezető belsejében végzett munka $= V - V_1 = 0$ és így $V = V_1$ vagyis a potentiál értéke állandó.

Tegyük fel, hogy van egy fémgolyónk, mely electromossággal van megtöltve. Ha mint mondtuk, a vezető gömb s magára van hagyva, az



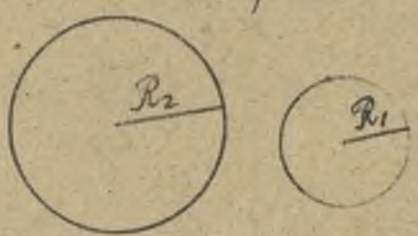
az nincs más erő, mely rajta mutatkozó tüneményeket megváltoztatná, azon esetben az electromosság egyenlően el fog oszlani a gömb felületén. Hogy egy golyóra nézve a potentiál értékét megállapíthassuk, ismernünk kell az egyes pontokra vonatkozólag a potentiál nagyságát; ezeknek összege adja az egész potentiált. $\frac{e}{R}+\frac{e_2}{R}+\frac{e_3}{R}+\frac{e_4}{R}$

+...... összeg fejezi ki a gömbben foglalt electromosságot; de ezen összeg kifejezi egyszersmind a potentiál értékét egyensúly idején. $e_1+e_2+e_3+e_4+\ldots$ e és így $\frac{e}{R}=V$; ebből pedig $e=V.R.$ Egy gömb alakú vezetőben tehát az electromos folyadék mennyisége arányos a potentiállal de függ a gömbnek méreteitől is.

Más esetben, midőn t.i. a vezető nem gömb hanem akár milyen alakú, szintén arányos, az electromos folyadék a potentiállal, ezenkívül még egy oly szorzótól is a mely a kérdéses vezető alakjától illetve méretétől függ. Egy tetszés szerinti vezetőre nézve tehát $e=C.V.$ Ha $V=0$, akkor $e=C$. Ezt az állandót, mely valamely vezetőnek méreteire vonatkozik; electromos capacitásnak nevezzük. Bármily alakú vezetőnél tehát ha a benne foglalt electromosságot ismerni akarjuk nem kell egyebet tennünk, mint az electromos capacitást a potentiállal megszoroznunk. Láttuk azt, hogy egy homogén vezetőben egyensúly idején az electromos potentiál vagyis minden egyes pontra nézve ugyanaz. Egy pontra vonatkozólag tehát a potentiál $=\frac{e}{R}$;

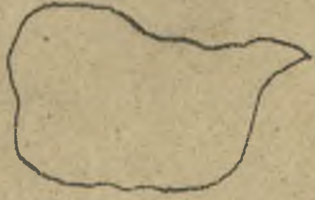
Az electromosság valamely gömbalakú vezetőnek felületén egyenletesen oszlik el a felület egységben foglalt electromos mennyiség, electromos sűrűségnek neveztetik. E szerint valamely golyónak felületén eloszlott electromosság $(e)=4\pi R$: E mely képletben az E a sűrűséget R a gömb sugarát fejezi ki. Ezen képletből kitűnik egyszersmind az is, hogy adott electromosság mellett a sűrűség egyenes viszonyban van a gömb sugár négyzetével.

Ha több golyó alakú testet oly módon hozunk egymással vezető öszszeköttetésbe, hogy azok kölcsönösen nem hatnak egymásra akkor az electromos potentiál értéke minden vezetőben ugy az lesz.

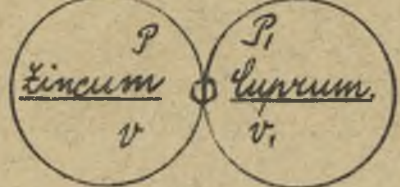


Az electromos mennyiség a nagyobb vezető-ben $= R_1 V$, a kisebb vezetőben $R_2 V$. Ha az első vezető electromos mennyiségét e_1-el, a kisebb vezetőjét e_2-vel jelöljük, akkor $e_1 = R_1 V$. $e_2 = R_2 V$. E két egyenlet osztva egymással: $\frac{e_1}{e_2} = \frac{R_1 V}{R_2 V}$ s V-vel rövidítve: $\frac{e_1}{e_2} = \frac{R_1}{R_2}$. Ezen egyenlet azt fejezi ki, hogy <u>két golyó electromos mennyisége egyenes arányban áll a gömb sugarakkal</u>; vagyis minél nagyobb valamely vezető gömbnek a rádiusa, annál több electromosság lesz a felületén eloszolva.—

Az electromosság és a vezető sugarak között fennálló viszonyt még más módon is kifejezhetjük és pedig az electromos sűrűség tekintetbe vételével. Az első vezetőben az electromosság $e_1 = 4\pi R_1^2 \varepsilon_1$; a másikban $e_2 = 4\pi R_2^2 \varepsilon_2$. Osszuk az első egyenletet R_1-el a másodikat R_2-vel, akkor $\frac{e_1}{R_1} = \frac{4\pi R_1^2 \varepsilon_1}{R_1}$; $\frac{e_2}{R_2} = \frac{4\pi R_2^2 \varepsilon_2}{R_2}$. $\frac{e_1}{R_1}$ nem egyéb mint a nagyobb gömbben az electromos potentiál; $\frac{e_2}{R_2}$ pedig a kisebb golyóban. Minthogy pedig a két vezetőben a fölvett esetben az electromos potentiál egyenlő, írhatjuk azt, hogy $\frac{4\pi R_1^2 \varepsilon_1}{R_1} = \frac{4\pi R_2^2 \varepsilon_2}{R_2}$. Kellő rövidítés után kapjuk, hogy $R_1 \varepsilon_1 = R_2 \varepsilon_2$ vagyis $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{R_2}{R_1}$. <u>Az electromos sűrűség</u>, mint azt e kihozott képlet mutatja, <u>visszás arányban áll a görbületi sugárhoz</u>, vagyis annál sűrűbb az electromosság valamely gömb felületén, minél kisebb az illető vezető sugara. Ebből egyszersmind az is kitűnik, hogy ott a legnagyobb az electromosság, hol a görbület a legnagyobb s megfordítva.



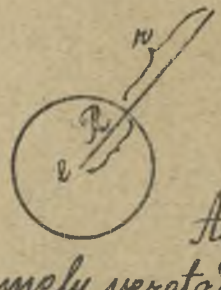
Ha nem gömb, hanem ily szabálytalan alakú, csúcsban végződő vezetőt veszünk erre nézve is érvényes ez az előbb megállapitott szabály, mert ily csúcsban végződő vezetőt oly görbének tekintjük, melynél a sugár igen kicsiny. Minthogy pedig az electromos sűrűség a görbületi sugárral visszás arányban áll, ennél fogva a sűrűség a csúcsok végén legnagyobb lesz és ez okozza azt, hogy az electromos kisugárzás a csúcsoknál igen nagy. Hogy az electromos erők a sűrűséggel arányosan növekedtnek s a csúcsban végződő szerkezeteknél leghatásosabbak, arról meggyőződhetünk akkor midőn electromos szelet állítottunk elő; a hegyben végződő vezető segélyével ugyanis ellehetett oltani a gyertya lángját. A mint eddig ele a vezetőkre nézve megállapitottunk mind az csakis homogén, vagyis anyagukban egynemű szerkezetekre vonatkozott, lássuk már most mivők lesznek az egyensúlyi viszonyok oly vezetőben, mely különnemű anyagból áll. Ha valamely heterogén vezetőben ismerni akarjuk az egyensúlyi viszonyokat, akkor, mint más esetekben is tekintetbe kell vennünk azon erőket, melyek ezen vezetőben s annak felületén hatnak. Ha tehát egy zincumból és cuprumból álló vezetőt alkalmazunk nem elégséges csupán az electromos erő hatását meghatároznunk, hanem a súlyos test által kifejtett azon erőt is tekintetbe kell vennünk melyet az electromosságra gyakorol mert csak igy fogjuk a vezető összes munkáját megkapni.



A vezető belsejében működő erők eredőt nem fognak adni, mert minden irányban egyenlően hatnak; nem igy áll azonban a dolog a vezető határ felületén, ott az erők egy irányban, a határfelület mentében, végtelen kis méretű távolságban hatnak. Ha a Zn és Cu álló vezetőben a P és P_1 pontokat vesszük tekintetbe akkor az electromos erő munkája $= V - V_1$, ez azonban még nem fejezi ki azon munkát, mely a heterogén vezetőkben végeztetett, minthogy a határ felületen a súlyos részek is végeznek munkát. Ezen munkát M-el jelölve a vezető összes munkája $= \underline{V - V_1 + M}$. Egyensúly esetében az összes munka 0 és igy $V - V_1 + M = 0$, ebből pedig a $V - V_1 = M$. A heterogén vezetőben tehát a végzett munka függ a vezető anyag minőségétől és állapotától, jelen esetben a Zn-től és a Cu-től.

Mily nagy lesz a potentiál értéke a vezetőn kivül?

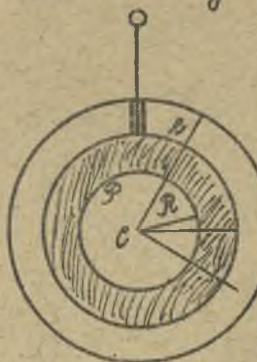
A vezetőn kivül levő részekre már nem mondhatjuk azt, a mit a vezető belsejére vonatkozólag megállapitottunk, mert a külső részekben már a súlyos anyagok ellenében is végeztetik munka. A vezetőn kivül levő részekben változó potentiállal van dolgunk, ismét egy golyó alakú szerkezetet véve föl a potentiál értéke P pontra vonatkozólag $= e\,r$. A potentiál értéke mint a $\frac{e}{r}$ törtből kitűnik változó, ha $r = \infty$, akkor a potentiál értéke nulla, a gömbhöz közeledve mindig nagyobbodik s a felületen már $\frac{e}{R}$ lesz a potentiál. A vezető belsejében szintén $\frac{e}{R} - P\,el = V$, mert a mint tudjuk egy homogén vezető belsejében állandó a potentiál értéke.



Az electromos sűrítés.

Az electromos sűrítés, mint említettük abban áll, hogy valamely vezetőt a konductorral hozzuk össze és ebbe összegyűjtjük az electromosságot.–

Keressük valamely sűrítő vezetőnek capacitását viszonyítva egy sűrítő nélkülihez. Vegyük fel, hogy van egy gömbalakú leydeni palaczkunk, melynél egy R_1 sugarú vezető körül van véve egy másik R_2 sugarú vezetővel, közöttük egy szigetelő réteg van. A belső gömbben a potentiál értéke, minthogy a P_1 pont mind a három golyón belül fekszik, $= \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} + \frac{e_3}{R_3}$. A külső fegyverzet belsejében fekvő P_1 pont két gömbre nézve kívül fekszik, és így a potentiál $= \frac{e_1}{\rho_1} + \frac{e_2}{\rho_2} + \frac{e_3}{R_3}$. Ezen utóbbi kifejezésnek nullal kell egyenlőnek lenni s fenn kell állania a külső fegyverzetnek minden pontjára nézve, ebből az következik, hogy $\rho = 0$.

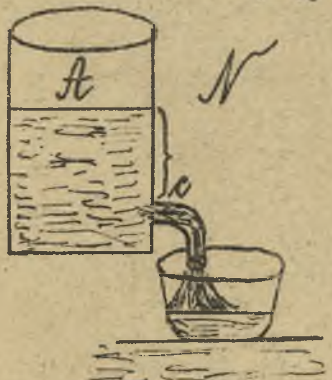


A gömb idomú leydeni palaczk külső fegyverzetében levő electromosságra nézve – mint láttuk a potentiál értéke $= \frac{e_1}{\rho} + \frac{e_2}{\rho} + \frac{e_3}{R_1}$ mely összeg nulla eredményt ad. Ha az egyenlet jobb oldalán lévő törtek közösnevezőjét, a ρ-t kiemeljük, akkor a potentiál $(a\,p) = \frac{1}{\rho}(e_1 \times \frac{e}{\rho} + \frac{e_3}{R_3}$, és ezen összeg egyenlő nullal. Minthogy a $\rho = 0$, ennél fogva az általa képzett szorzatnak is nullal kell egyenlőnek lennie vagyis $e_1 + e_2 = 0$; e_3 is nulla $V = e_1 = (1/R_1 - 1/R_2)$, mely értékhez a következő számítás utján jutunk: $e_1 = R_1 V$; $e_2 = R_2 V$ e két egyenletnek különbségét véve az egyenlőségnek továbbra is fönn kell állania s így $(e_1 - e_2) = V(R_1 - R_2)$ Az $e_1 + e_2 = 0$ egyenletből $e_1 = -e_2$ és így $(e_1 - e_2) = V(R_1 - R_2)$ ebből $V = e_1\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$; $e_1 = V\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} = \frac{R_2}{R_2 - R_1}\,R_1 V$.

Ezen képletekből az tűnik ki, hogy a palaczk külső felületén nincs electromosság, a belső oldalán ellenben egyenlő nagyságú de ellentett electromosság foglaltatik. Az electromos mennyiség (e_1) sürítővel ellátott vezetőben egyenlő $\frac{R_2}{R_2-R_1} \cdot R_2 V$, sürítő nélküliben $e_1 = R_1 V$. Hogy mily arányban történik a sürítés, azt könnyen kiszámithatjuk az e, e_1 közötti viszonyból. $\frac{e}{e_1} = \frac{R_2}{R_2-R_1} \cdot \frac{R_1 V}{R_2-R_1}$ mely kifejezésben az (R_2-R_1) a szigetelő vastagságát jelenti. Ezen képlet értelmében különböznek az adatok a sürítő erő kifejezésénél aszerint, a mint a hengeralakú vagy lemezből álló sürítőkre vonatkoznak, de a sürítő képesség a szigetelő lemez vastagságával minden esetben fordított viszonyban áll.

Ezek után átterhetünk az electromos mozgás problémájának, nevezetesen pedig az erély viszonyoknak tárgyalására. A feladat mellyel szemben állunk két részből áll illetve az electromos mozgásnak két esetére leszünk tekintettel:

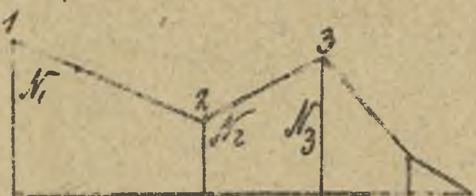
1) midőn egy golyóalaku szerkezetü electromosgép segélyével electromossá teszük és aztán kisütjük; 2) midőn valamely vezetőben fölmutatjuk az electromos folyadék mozgását vagy áramlását az által, hogy az electromosság mennyiségét növeljük. Mindkét esetben a hydro dinamika elvén fogjuk feladatunkat megoldani.



Tegyük föl, hogy A edény N magasságig folyadékkal van megtöltve s ezen folyadékot l nyiláson át egy alantabb álló edénybe bocsátjuk; a munka, melyet a súlyos folyadék elmozdulása közben végezni fog, egyenlő azon munkának összegével, melyet az egyes folyadék részek befolyások közben végeztek. Ha a kiömlés alatt a folyadék niveauja vagyis az N nem változnék, azon esetben az N-nek és a folyadék mennyiségének szorzata fejezné ki a munka nagyságát. A tapasztalás azonban azt bizonyitja, hogy az N nem állandó, hanem a folyadék lefolyása közben rétegről-rétegre változik s így, ha az összes munkát ki akarjuk számitani akkor minden egyes rétegre vonatkozólag meg kell határoznunk a niveausikot; ez azonban bajós és hosszadalmas eljárás volna. Az eszközölt ide vonatkozó kísérletekből kitüntugyanis, hogy nincs szükségünk ezen bonyadalmas eljárásra, mert ha V-nek középértékét vagyis $\frac{V}{2}$-et veszszük észert szorozzuk a folyadékok mennyiségével akkor is közelítő pontossággal a folyadék összes munkáját kapjuk. $\frac{V}{2}$. n-el [egyenlő: tehát a folyadéknak elmozdulása közben végzett munkája mely képlet egyszersmind a folyadék kifolyásának összes erélyét jelenti. S mint itt a súlyos folyadékra vonatkozólag megállapítottuk, ugyanaz áll egyelectromos folyadékkal telt vezetőre nézve is, csak a kifejezés módosúl. Electromos kisülésnél ép úgy munkát végez az electromosság, mint a súlyos folyadék végzett akkor, midőn egy magasabban álló edényből egy alant fekvő edénybe folyt alá. Miként ezen súlyos folyadéknál a niveauknak közép értékét vettük föl a munka meghatározása végett, úgy az electromosságnál is a potentiál felét veszszük észert szorozzuk meg az electromos folyadék mennyiségével – e-vel. Az electromosság munkája e szerint = $\frac{V}{2}$.e. Még más alakban is kifejezhetjük az electromosság munkáját; azon viszony alapján melyben az electromos mennyiség a capacitáshoz és potentiál értékéhez áll: e ugyanis egyenlő c V-vel; $\frac{V}{2}$ e = a munka, és ha e helyett c V-t helyettesítünk a képletbe, azon esetben az electromosság munkája = $\frac{c}{2}$ V.

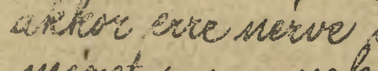
Sokkal nagyobb fontossággal bir az electromos mozgásnak azon neme, midőn a folyadék áramlása valamely vezetőben folytonos hozzáadás által állandóan föl lesz tartva. Az electromos folyadéknak ilyen vezetőben történő mozgása sokban hasonlít a folyó folyásához, azért ezen esetben ismét a súlyos folyadék mozgását veszszük alapúl s pedig a Duna vizének lefolyásához fogjuk az electromosság elmozdulásait viszonyítani. Valamely súlyos folyadékról akkor mondjuk, hogy folytonos áramlásban van, ha a helyéből kimozdult folyadék részek állandóan új részek által pótoltatnak. Az ilyen folytonos mozgásnál, ha az állandó erők hatása alatt ment végbe, egy oly stádium következik be, melyet stationär mozgási állapotnak nevezünk és ez alatt azt értjük, hogy valamely állandó erő behatása folytán egy bizonyos helyen ugyanazon mozgástól bír a folyadék.

Ha például a Dunára vonatkozólag a láncz hídnál egy keresztmetszetet képzelünk, akkor a víz mozgása stationär lesz ezen helyen, ha minden egyes másodpercz alatt ugyanakkora folyadék mennyiség áramlik át. A folyadék azon mennyisége, mely a víz áramlása közben a keresztmetszetnél az idő egység alatt áthalad, ezen áram intensitásának neveztetik, mely intensitás minden keresztmetszetre nézve ugyanaz lesz. Ha ezen mozgási állapot jellemezni és a folyadék munkáját meghatározni akarjuk, akkor az áram intensitását veszszük alapul, mely alatt azon folyadék mennyiséget értjük mely az időegység alatt a keresztmetszeten át folyik.



Jelezze a mellékelt ábra egy pataknak folyását: N_1 és N_2 két különböző helynek megfelelő niveau magasságot. A munka, mely ezen patak mozgása közben létesül, egész általánosságban egyrészt az intensitás által, ezen kívül az niveau ismernünk kell azon részviszonyokat, melyek a patak munkájánál létesülnek. Az összes munkát tehát melyet a patak végezni képes, megkapjuk, ha a folyadék összes esését az intensitással szorozzuk. Az egyes folyadék részeknél pedig, hogy az esés nagyságát megismerjük, a niveau magasságot kell tekintetbe vennünk. Minden folyadék egység, mely egytől kettőig esik $(N_1 - N_2)i$ munkát végez az időegység alatt. N_2-től N_3-ig a folyadék részek munkája $=(N_2 - N_3)i$. Már ezen két esetből is kimutathatjuk, hogy a patak munkája eloszlik a patak folyása közben, de az egyes részek munkája minden esetben arányos niveau esésével.

Ha az electromos folyadéknál is tudunk stationär mozgást létesíteni, akkor erre nézve is állani fog az imént megállapított képlet, természetesen a neki megfelelő adatok által kifejezve.



Ha V és V_1 potential értéke valamely vezetőnek

két különböző helyen levő keresztmetszetben, akkor az össz. erély változás $(v-v_1)$ i-vel egyenlő. Tegyük fel, hogy olyan vezetővel van dolgunk,
v ⎯ s ⎯ v_1 mely igen kis keresztmetszettel bír, például valamely huzalnál keressük a potentiál változását. Ha a mozgás stationer, a keresztmetszet állandó, azon esetben a sebesség is ugyanaz. Legyen a vezetőben mozgó electromos folyadéknak a sebessége u; kérdés hogyan függ össze ezen sebesség s mozgató erőkkel, melyek az electromos vezetőben hatnak? Azon erő, mely az electromos folyadékot mozgásba hozza, mintnogy az általa végzett munka $v-v_1$ egyenlő lesz ezen munkának s az útnak viszonyával, vagyis $\frac{v-v_1}{s}$ a folyadék egységére vonatkoztatva.

A mozgás, melyet az electromos folyadék valamely zárt vezetőben végez, olyan mint egy más súlyos testnek mozgása a vízben vagy a levegőben s így nagyon természetes hogy útjában akadályok gördülnek elébe; mely akadályok bizonyos ellenállást létesítenek, ezen ellenerő ha a sebesség u, $= c.u$-val vagyis arányos a sebesség cl. Az ellenálló erő függ a vezető anyagi minőségétől, alakjától és nagyságától, de egy és ugyanazon közegre valamint a benne levő folyadékra nézve állandó mennyiség.

Ha a mozgás stationer, midőn az electromos erők sebesség változást nem hoznak létre, akkor az electromos mozgást létesítő erő $\frac{v-v_1}{s} = cu$. A sebességet az intensitással is kifejezhetjük, ha adva van a drót keresztmetszete q u sebességgel ugyanis oly folyadékoszlop áramlik át az idő egység alatt a keresztmetszeten, melynek alapja q, térfogata qu; ha a folyadék térfogatát megszorozzuk k-val, vagyis ezen vezetőre vonatkozott electromos sűrűséggel, kapjuk az intensitást. i tehát $= kuq$ és ebből $u = \frac{i}{kq}$.

Midőn az electromos erők sebesség változást nem hozzák létre, azon esetben a $\left(\frac{v-v_1}{s}\right) = cu$; ha ezen képletbe u-nak $\frac{i}{kq}$ értékét helyettesítjük az s-et pedig áthozzuk szorzónak, azon esetben a potentiál különbség $(v-v_1) = s\,\frac{c\,i}{kq}$

Ezen egyenlet azt fejezi ki, hogy az electromos erély változás arányos a potentiállal és az intensitással; kifejezi, hogy a potentiál esése egy oly szorzattól függ, melyben a vezető hosszusága és kereszt-metszete (: s és q :) ezeken kivül a c és k fordulnak elő, melyek közül a c arányossági tényező azt fejezi ki, hogy mily arányban nö-vekszik az ellenállás a vezetőben k pedig az electromos sürüséget je-lenti. A $(V-V_1) = s.\, c \frac{i}{qk}$ egyenletet rövidebb alakúra is hozhatjuk, ha a $\frac{c}{k}$ törtet egy betüvel ε- vel fejezzük ki; $(V-V_1)$ akkor egyenlő $\varepsilon \frac{s}{q} . i . [\varepsilon \frac{s}{q}]$ a vezető ellenállása és ha ezt u-nak mondjuk, azon eset-ben a potentiál esése egyenlő $u . i = (V-V_1)$. A potentiál esését kisérle-ti uton is meghatározhatjuk. Ha ugyanis az electromosgép conduc-torából egy levezetést eszközölünk, a vezető huzalban folytonos á-ramlás létesül, minthogy az electromosgép forgatása által folyto-nossan pótoljuk a gyüjtőből elvezetett electromosságot. A potenti-ál esése, mint azt elméletileg ki is mutattuk, egyenes arányban áll az áram intensitásával és az ellenállással; a potentiál esése tehát befolyásolva van az electromos mennyiség és az ellenállás által; minél kisebb a vezető ellenállása annál kisebb az esés, ennélfogva ha nagy potentiál különbséget akarunk létesiteni, na-gyobb vezetőt kell alkalmaznunk. Az üveglap magában véve mint szigetelő, tehát mint olyan test szerepel, mely az electromos-ságot nem vezeti; ha azonban graphittal egy vonalat huzunk rajta keresztül, vezetővé lesz, mely igen nagy ellenállást képes kifejteni s igy benne jelentékeny potentiál különbség jöhet létre. Vezető segélyével, mint említettük tetszés szerinti helyre vihet-jük át az electromos erélyt, ha a vezetés szigetelőn át történ-nik kapcsolatban valamely jó vezetővel, intensitásban veszít az electromosság, de ha csak conductoron át történik, azon e-setben nagyobb lesz az electromos intensitás.

Hogy azon viszonyt, mely az electromos intensitás és az elec-tromos folyadék niveauja között fennáll, egész részletességben meg-ismerhessük, ismét a súlyos folyadékokitól megállapitott törvény-szerüséget kell előre bocsátanunk, mert ez érvényes az electromosságra is. Valamely hegyi patak esése jelentékeny nagyságú és így az egyes időpillanatokban nagy erőt képes kifejteni; a patak munkája azonban, melyet esése közben végez, aránylag kicsiny, mert másodperczenként kevés vízmennyiség esik alá. Nagy eséssel tehát jelentékeny erő működik ugyan, de a munka nem áll vele egyenes arányban. Ezzel ellentétben a Duna esése igen csekély és hogy mégis oly óriási munkát képes végezni azt a víz roppant tömegének és az áram intensitásának kell betudni. Csekély fokú esés mellett tehát nagy munkát fejt ki valamely folyam, ha a víztömeg, mely egy bizonyos helyen az időegység alatt átáramlik, igen nagy, és ha az áram intensitása is jelentékeny. Ugyan ezt mondhatjuk az electromos folyadék áramlásáról is. Azon influentia gépek, melyeknél az áramló electromos folyadék mennyisége és az áram intensitása kicsiny, alig fognak látható szikrát adni az electromos kisülés alkalmával; olyanoknál azonban, hol az electromos folyadék áramlása nagy intensitással és csupa vezetőkben történik iszonyú hatásokat létesíthetünk electromos kiegyenlítődésnél, de szikrát nem fogunk látni.

A testek electromos állapotának kimutatására az electroskopot használtuk föl, az ezzel eszközölt mérések azonban sokkal durvábbak, sem hogy minden esetben alkalmazni lehetne azért finomabb eszközre van szükségünk, melyet ne csak csekély erejű és kis mennyiségű electromosság kimutatására lehessen alkalmazni, hanem általában minden körülmények között. Ily féle eszköz a <u>Thomson féle quadrans electrometer</u>, melynek kiváló előnye abban áll, hogy nincs alá vetve a nehézségerőnek. A készület szerkezetéről vázlatosan a következőket mondhatjuk: Egy vékony platina fonálra függesztett piskóta alakú vezető lap, mely négy részre osztott gyűrű alakú lemez fölött

Thomson féle quadrans electrometer.

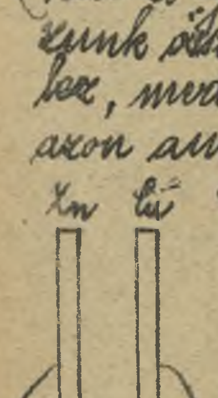
lebeg, innen nyerte e szerkezet a quadrans electrométer nevét. Ezen quadransok ef vannak egymástól szigetelve és oly módon állanak vezető összeköttetésben, hogy az első a negyedikkel, a második a harmadikkal függ össze. quadránsok felett mozgó szerkezetnek állandóan electromos állapotban kell lennie.
A platin sodronyokon nyugvó piskóta alak tengelye párhuzamos a gép működése alkalmával a quadránsokkal. Ha a kisérletet végezni akarjuk, akkor fölváltva 2-2 negyedet megtöltünk electromossággal és a középső lemez elhajlásából következtetést vonunk az electromosság minőségére. Ha az electrométert + electromossággal töltjük meg, azon esetben a nyil irányában fog a piskóta alak elfordulni, mert az egynemű electromosságok taszitják egymást; ha ellenben negatív electromosságu a szerkezet, a piskóta alak az ellenkező irányban fog mozgásokat végezni. Általános esetre vonatkoztatva ezen adatokat mondhatjuk, hogy az electrométernél a piskota alak kitérése jobb felé negatív, bal irányban pedig a positiv electromosság jelenlétéről fog tanuskodni.
A Thomson féle electrométerrel tett kisérletek arról győznek meg bennünket, hogy két test dörzsölése alkalmával a dörzsölt testben ellenkező irányú electromosság létesül, mint a minővel a dörzsölő test birt. Faraday egy oly sorozatot állitott össze a különböző anyagu testekből, melynél, ha az előbb állót az utána következőik bármelyikével dörzsöljük, az positiv electromosságot nyer. Ezen sorozat a következő: rókafark, üveg, posztó, selyem, gyanta és a fémek. Sok esetben nem is szükséges dörzsölés az electromosság keltésére; egyszerü nyomás is elég például a mészpátnál, ha parafához nyomjuk, hogy electromos állapot jöjjön létre.

Az érintkezési electromosságról.

Hogy nem csak dörzsölés és nyomás, hanem egyszerü érintés által is lehet electromosságot előidézni, az már a mult század végén is ismeretes volt. 1489-ben történt ugyanis, hogy Galvani, bolognai tanár, egy leölt béka czombján mindannyiszor rángásokat vett észre, valahányszor az a ránczozat vasoszlopaihoz vitt, melyre függesztve volt. Ezen tüneményt Volta behato vizsgának vetteté alá és számos kisérlettel kimutatta, hogy két különnemü fém kölcsönös érintésénél az egyikben positiv, a másikban negativ electromosság létesül. Volta nagy számú kisérlete közben a fémekből egy oly sorozatot állitott fel, melynek minden előbbre való tagja, ha valamely hátrább állóval érintkezik tevőleges electromosságot mutat. Az érintkezési sorozat a következő tagokból áll: Zincum, Plumbum, Stannum, Ferrum, Cuprum és Argentum. Ezen sorozat azt mutatja, hogy Zn. mindenik érintkezésnél positiv electromosságot mutat; a zinkumra vonatkoztatva a többi tagok mind negativek.

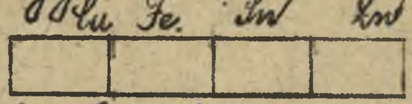
Ha leydeni palaczkokat vagy pedig két oly elszigetelt lemezt hozunk érintkezésbe, melyek ugyanazon anyagból (: pl. rézből :) készültek, ezeknél nem fog electromosság mutatkozni, mert nincs potentiál különbségük; ha azonban különböző anyagú lemezeket alkalmazunk, ezeknél már fog electromosság létesülni, mert közöttük potentiál különbség áll fenn.

Ha két egyenlő nagyságú, de különböző anyagú fémlemezt hozunk össze, akkor a kettőnek electromos kapacitása ugyanaz lesz, mert méreteik egyenlők, potentiál különbségük arányos azon anyaggal, melyből állanak. Zincum és Cuprumra vonatkozólag például az electromos különbség $V_{Cu} - V_{Zn}$ = Zn, Cu. Az ilyféle mérések alapján képesek vagyunk az electromos különbség számértékeit meghatározni. Az eszközölt kisérletek azt bizonyitják, hogy az electromos különbség



Zn. és Cu.	között	=	100 ;	Zn és Pb.	között	=	45.
Zn. " Ag.	"	=	109 ;	Zn " Cu.	"	=	55.
Zn. " Fe	"	=	89 ;	Cu " $Ag-H_2O$	"	=	5.
Zn. " Sn	"	=	56 ;	Zn " $Ag-H_2O$	"	=	20.

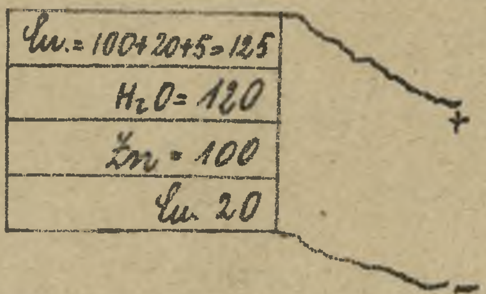
Hogy ha több fémlemezt rakunk össze, nem kettőt, akkor is mutatkozik electromos tünemény. A tapasztalat azt bizonyítja, hogy az ilyen több fémlemezből álló vezetőnél a két szélső lemez electromos különbsége független a közbeeső fémektől. Ha négytagból áll a vezető akkor a



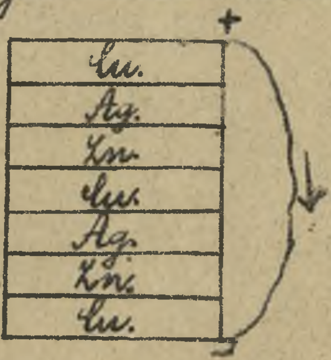
réz és vas között az electromos különbség (Cu, Fe), vas és zink között (Fe. Zn). Általánosítva úgy fejezhetjük ki ezen egyenletet, hogy valamely K. és h. vezetőknek electromos különbsége viszonyítva egy harmadikra u-re = (k, h) = (k, u)+(u, h). Mint a zincum és kuprumra vonatkozólag tettük, és úgy járhatunk el a Volta féle érintkezési sor bármely 2 tagjának is az electromos különbség meghatározásában. Ha például Pb és Cu között keressük az electromos különbséget, viszonyítva a Zincumhoz, akkor ez az általános egyenlet értelmében következő képen fejezhető ki, (Pb. Cu) = (Pb, Zn) +(Zn, C). Ezen egyenlet helyességéről igen könnyen meggyőződünk ha 2-2 fémnek electromos különbségét számok által fejezzük ki. Mint láttuk Pb és Cu. között 55 az electromos különbség. Zn és Pb közt 45 és így ha a Pb veszszük előre, mely a zinkhez viszonyítva negativ, akkor electromos különbsége is nemleges lesz. Zn és Cu. vonatkozólag 100-al egyenlő az electromos diferentja. Ha már most ezen adatokat az előbbi egyenletbe helyettesítjük, kapjuk, hogy 55 = -45 + 100. ezen egyenlet tehát helyes, mert az egyenlőségi jel két oldalán ugyanazon mennyiségek fordúlnak elő. Ezen a különböző fémek érintkezésénél mutatkozó törvényszerűséget Volta ismerte föl először és ezért Volta féle törvénynek neveztetik; ennek értelmében, valamely fémlemezekből álló vezetőnek electromos különbsége míg a fémek ugyanazon hőfok alatt állanak, független a közbeesőktől és egyenlő azt egyes fémek közt fönnálló electromos diferenciáknak az összegével.

Azon vezetők, melyek a Volta-féle törvények hódolnak első osztályú vezetőknek neveztetnek.

Említve volt, hogy az ugyanazon anyagból készült vezetők nem hódolnak Volta törvényének; ha tehát például két rézlemezt helyezünk egymásra, nem mutatkozik electromosság. Ez azonban csak azon esetben áll midőn az egynemü fémlemezek közvetlenül érintkeznek; ha ellenben oly vezetőt készitünk, melynél az egyik réz Zincummal a másik pedig gyengén savanyitott vizzel érintkezik, akkor fog electromos differentia létesülni, minthogy a két szélső anyagra nézve egynemü lemez különböző potentiállal bir. Az alsó lemez-



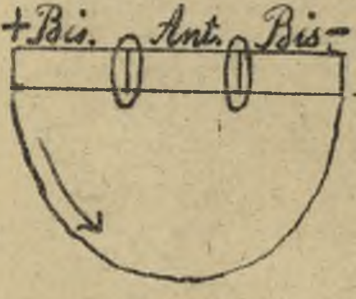
ben ugyanis, ha azt a földdel vezető összeköttetésbe hozzuk, a potentiál értéke, Zn és Cu-ra vonatkoztatva az electromos potentiál különbség = 100. a viz potentiál különbsége mintegy 20-al különbözik a Zinkumétól, ennél tehát 120 al egyenlő. Cuprum és H_2O között a különbség a potentiálban 5 és igy a felső és alsó Cuprum lemez között 120 az electromos potentiál differentiája. Egy ilyen sorozatot, melynél két ugyanazon anyagú fémlemez egymással közvetve érintkezik. <u>Volta féle elemnek nevezzük.</u> Azon lemez, mely a folyadékkal érintkezik positiv; a mely a zinkkel érintkezik jelleget mutat. Ha több Volta féle elemet helyezünk egymásra, akkor



egy <u>Volta féle oszlopot</u> kapunk, melynél ismét azon Cuprum lemez fogja a positiv sarkot képezni, mely a folyadékkal érintkezik. Ha ezen Volta féle oszlopnak két különnemü végét egymással vezető összeköttetésbe hozzuk, akkor a különnemü electromosságok érintkezés által kiegyenlitik egymást; minthogy pedig az érintkezés folytán ujabb electromos áram keletkezik, a kiegyenlitődés folytán tart, mig csak a két ellentétes sark egymással kapcsolatban van.

Ezen tartós kiegyenlitődés azonban nem nyilvánul szikra alakjában mint például a dörzs villany gépnél, mert a két sarkot összekötő vezetőben az electromosság nagy mennyiségben és nagy intensitással áramlik, annál hatásosabb azonban például a szer-

veretre gyakorolt hatása.
Két fém érintkezése alkalmával - mint említettük electromosság áll elő és a két vezetőre vonatkozólag az electromos különbség állandóan ugyanaz marad, míg azok hőmérséke nem változik. Az electromos állapot tehát függ az anyag minőségétől, nevezetesen, ha valamely testnek állapotát hő által megváltoztatjuk, electromossága is változni fog. Hogy a különböző fémek electromos különbsége mennyiben módosul a hőfok emelkedésével és alászállásával, az tapasztalati úton lett meghatározva. Azon fémek, melyekre vonatkozólag ezen hő okozta változás ismeretes egy sorozatba vannak foglalva és ezt thermo electromos sorozatnak mondjuk. Az ide sorozható fémek: Antimon /Stibium/, Ferrum, Zinkum, Cuprum, Plumbum, Bismut. Az electromos különbség a hőmérsék növekedtével nagyobbodik egy előbb álló és egy utánna következő fém között. Annak kimutatására, hogy a hőmérsék növekedtével az electromos különbség változást szenved, példa gyanánt leginkább a Bismutot és Antimont szokták alkalmazni. Ha ilyen Bismut és Antimon sorozatot akár közönséges, akár magasabb hőmérsékletnél veszzük

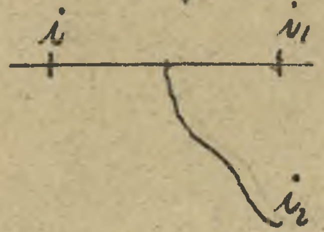


vizsgálat alá, azt fogjuk találni, hogy a hőmérsék változás ha az kiterjed a vezető egész anyagára, nem hoz létre electromos állapot változást, ha azonban oly módon létesítünk hőmérsék különbséget, hogy a körbefoglalt válasz felületek egyikét melegitjük, a másikat pedig lehűtjük, akkor fog electromos különbség mutatkozni. A kísérletek, melyek ez irányban tétettek, azt bizonyítják, hogy a melegített válasz felületen nagyobb az electromos különbség, a két fém között, mint a hűtött oldalon. Positiv sark gyanánt azon Antimon szolgál, mely hevítve lett. a hűtött Sb.- negativ sark lesz. Ha a két sarkot vezető segélyével egybe kapcsoljuk, abban állandó áram fog létesülni.

A Bismut és Antimon lemezeket nem igen szokták igy oszlop szerüen egymás mellé helyezni, sokkal alkalmasabb és az experimentális szempontjából is czélszerűbb ezen fémeket szögletalatt VVV összeállítani. Hogy az ilyen thermó electromos sor tagjai között, ha hőmérsékletüket az előbb említett módon megváltoztatjuk és ellenkező sarkaikat összekötjük, csakugyan folytonos áram keletkezik, arról meggyőznek bennünket a kiegyenlítődésről föllépő jelenségek. Az állandó áramot ezután egy mágnestű segélyével fogjuk legkönnyebben kimutathatni, mert az electromosságnak - mint az részletesen ki lesz mutatva - irányító hatása van a mágnesre; ha tehát egy mágnestűt ily thermó electromos oszlop alá helyezünk és azt látjuk, hogy egyensúlyi helyzetéből állandóan kitér, bátran mondhatjuk, hogy abban a vezetőben állandó áram kering.

Az electromosság elágazása.

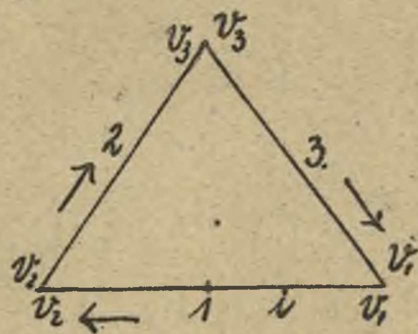
Ha a Volta féle oszlop két sarkát vezető huzallal összekötjük ott kiegyenlítődés fog létre jönni, mely eleinte rohamos, bizonyos idő elteltével azonban stationer mozgás jön létre és pedig aránylag rövid idő alatt mert a vezetőben igen nagy az ellentállás. A stationer mozgás létrejöttére valamely vezetőben megkivántatik, hogy az áram útjában torladások ne támadjanak. E szerint, ha valamely



vezető két ágra oszlik, akkor hogy torlodás ne támadjon, annyi electromosságnak kell a ketté osztott vezetőn kiáramlani, a mennyi electromosság az egységes conductorba beáramlott és így az áram intensitása $i = i_1 + i_2$. A potentiál változása $(V - V_1)$ minden egyes esetben ennél fogva az elágazó vezetőre nézve is egyenlő az áram intensitása szorozva a vezető ellenállásával, mely szorzat drót alakú vezetőnél az anyagi minőségen kivül még a méretektől is függ.

Ohm törvénye.

Az Ohm féle törvény általában valamely egyszerü ezetre vonatkozik, midőn ugyanis oly zárt vezetővel van dolgunk, melyben elágazó nincs.



Vegyük, hogy az electromosság 1-nél indül ki és kettő felé halad; feladatunk ezen zárt vezetőre vonatkozólag az áram intensitását meghatározni. E végből föl-írjuk successive minden vezetőrész electromos különbségét és ebből vezetjük le az áram intensitásának értékét.

Az egyes számu vezetőre vonatkozólag az electromos különbség.... $V_1 - V_1' = i \cdot w_1$; az 1 és 2 határfelületén az előbbiek értelmében $V_1' - V_2 = (1,2)$ a 2-es számu vezetőnek electromos különbsége $V_2 - V_3 = (2,3)$; a háromszámu vezető electromos különb. $V_3 - V_3' = i\, w_3$ és végre az 1 és 3 határfelületén ---- $V_3' - V_1 = (3,1)$.

Ha ezen egyenleteket összeadjuk, akkor a baloldal eredményt ad és ez egyenlő $= i(w_1 + w_2 + w_3) + (1,2) + (2\text{-}3) + (3,1)$ $0 = i(w_1 + w_2 + w_3) + [(1,2) + 2,3) + 3,1)]$; vigyük át a közép zárjelbe foglalt összeadandókat minus jellel, az $(w_1 + w_2 + w_3)$ szorzót pedig osztási jellel az ellenkező oldalra akkor $i = -\frac{[(1,2) + (2,3) + 3,1)]}{w_1 + w_2 + w_3}$ és ha a jeleket megváltoztatjuk akkor

$$i = \frac{(3,2) + (2,1) + (1,3)}{w_1 + w_2 + w_3}.$$

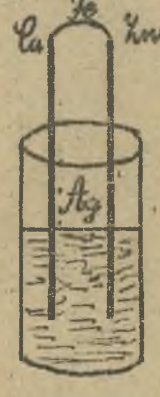
Egyszerü zárt vezetőben tehát az áram intensitása egy oly tört által van kifejezve, melynek számlálója az egyirányu electromosságok különbségének az összege, nevezője pedig az egyes vezető szakaszok ellenállásainak összege. A számlálóban foglalt értéket electromotorikus (: electrom indító:) erőnek nevezzük, mely az áram keletkezésére szükséges electromosságot fejleszti. Az electromotorikus erő annál nagyobb, minél nagyobb az áram intensitása bizonyos ellenállás mellett, vagyis minél nagyobb ellenállást képes az áram bizonyos intensitással legyőzni.

Az electromotorikus erőt azonban nem kell szorosabb értelemben vett erőnek tekintünk, nem egyéb ez mint a munkának egy faja, és az electromos különbségeknek ~~rövid~~ elnevezése. Képletileg egy betűvel E-vel szokták jelölni.

A fent említett törtnek nevezője, - mint láttuk - nem más mint a vezető részek ellenállásainak összege, mely tudvalevőleg nem csak az anyagi minőségtől, hanem a vezető méretektől is függ. Rendesen W-betűt szokták jelölésére használni. Ohm törvénye szerint tehát $i = \frac{E}{W}$ vagyis valamely egyszerű zárt vezetőben az áram intensitása egyenes arányban áll az electromotorikus erővel és viszás arányban a vezető ellenállásával.

Ha két különnemű fémet egy gyengén savanyított vizet tartalmazó edénybe teszünk és a fémeknek két szabadon álló sarkát összekötjük valamely vezetővel, akkor ebben állandó áram létesül; az eszköz galván elemnek neveztetik. Legyen Zn és Cu. a két fém, gyengén kénsavval savanyított víz pedig a szükséges folyadék, egy vas huzal a fémek két végét összekötő vezető. Tekintsük már most ennek működését azon esetben, ha a vezetőt bezárjuk.

Ha ezen galván elemnek electromotorikus erejét akarjuk is mérni, akkor az összes electromos különbséget kell meghatároznunk, mert az electromos differentiáknak az összege fejezi ki az electrom indító erőt. Ennél fogva tehát $E = (Zn, Fe) + (Fe, Cu) + (Cu, Ag)\ Ag, Zn/$. Ezen egyenletben, a mint látjuk kétféle electromos különbség fordul elő, t.i. egyrészt oly vezetők között, melyek a Volta féle törvénynek hódolnak, másrészt oly testek electromos különbsége is foglaltatik ezen egyenletben, melyekre nézve a Volta féle törvény nem érvényes. Azon anyagokat, melyek Volta törvényének nem hódolnak, másodrendű vezetőknek neveztetnek megkülönböztetésül az érintkezési sorozatban foglalt fémektől, melyeket elsőrendű vezetőknek mondunk.

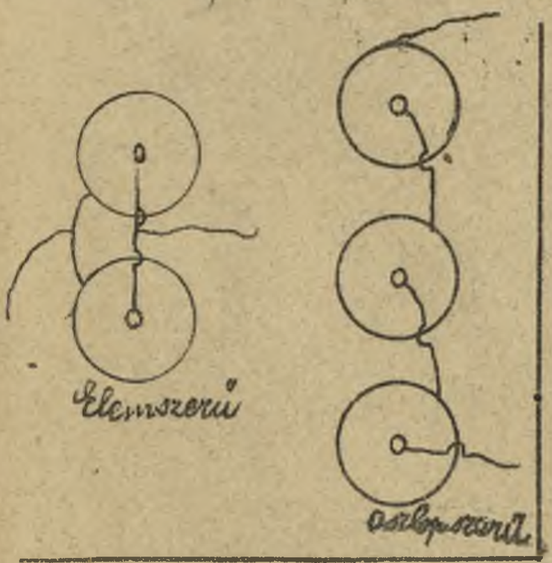


Ha a Ferrum helyett Platinát alkalmaztunk volna összekötő sodrony gyanánt, akkor az eredményben nem jött volna létre lényegei változás, mert az electromos különbségek összege ennpán a két szélső tag electromos különbségétől függ.

Gyakorlati szempontból is nagyfontosságú reánk nézve Ohm törvényének ismerete, mert ennek segélyével több feladatot fejthetünk meg az áram alkalmazására nézve; ilyenek: 1) miként függ az áram erőssége az ellentállásból és az electromotorikus erőtől.? 2) Melyik lesz a Volta féle láncznak legelőnyösebb szerkezete azon esetben, midőn az electrom indító elemek mennyiség szerint adva vannak.? 3) Folyékony vezetők ellenállásának meghatározása stb.

Vizsgáljuk először is az első esetet! Ugyanazon vezetőben változik az áram erőssége az alkatrészek méreteinek változásaival; a keresztmetszet kisebbedésével nagyobbodik az ellenállás és így az áram erőssége kisebb vezetőben kisebb lesz, nagyobb vezetőben pedig nagyobb. Az áram erősségére vonatkozó mérték egységet még nem ismerjük, de általánosságban mondhatjuk, hogy a mágnestűnek nagyobb kitérése erősebb áramról tanuskodik.–

Ohm törvénye felvilágosítást ad arra nézve is, hogy mi módon lehet legczélszerűbben az elemeket egybe kapcsolni. Az elemek összekapcsolása két féle képen történhetik; ha két vagy több elemet egymás



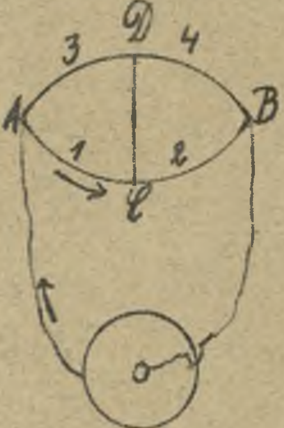
után helyezzük és az egyiknek rezét a másik zinkumával kötjük össze, úgy hogy csak két ellentétes cuprum vég marad szabadon, akkor ezen egybe fűzést oszlopszerű egybekapcsolásnak nevezzük; ha pedig két elemnél összekötjük külön a zincumot és a cuprumot is külön, úgy hogy a kettő egy elemmé lesz, azon esetben elemszerű az összeállítás. Keressük most az áram intensitását úgy az oszlop, mint az elemszerűleg egybe kapcsolt elemeknél.

Az Ohm féle törvény értelmében az intensitás $i = \frac{E}{W}$, vagyis az electromotorikus erőnek és a vezető ellenállásának a viszonyával. Az első esetre vonatkozólag $E = e$; $W = w$; a drót $= r$, $n =$ az elemek számá-

val és ezen adatokból az $i = \frac{n.e}{n.w.r.}$; az elemszerű egybe állításnál az electromotoricus erő $= e$, a vezető ellenállása, ha n az elemek száma, egyenlő $\frac{w}{n}$ vagyis n-szer kisebb mint egy elemnél, ezen adatokból $i_1 = \frac{e}{\frac{w}{n}+r} = \frac{ne}{wnr}$.
Ha az w végtelen nagy az r-hez képest, vagyis $\frac{w}{r} = \infty$. akkor $i = \frac{e}{w}$ mint egy egyszerű elemnél, és $i_1 = \frac{ne}{w}$. Az itt mondottakból az tűnik ki, hogy elemszerű egybe kapcsolásnál az ellenállást kisebbítjük és ez által az áram intensitása nagyobbodik. Ha nagy ellentállást akarunk létesíteni, akkor hosszú és kis keresztmetszetű drótot alkalmazunk, ha pedig az áram intensitását akarjuk növelni, azon esetben az elemeket elemszerűen kapcsoljuk össze.

A vezetők ellenállásának meghatározása.

A vezetők ellenállásának meghatározására a Wheatstone (olv. Witston) féle híd segélyével történik.



Egy vezetéket állítunk elő egy elemből és ezen vezetőben elágazást létesítünk, de másod osztályú vezető nincs benne. Az A és B pontok között a potentiál esése ugyanaz, és így mintha egy csatornában folyó vizet kétfelé vezetnénk, akkor az elágazásnál mindkét folyadék ág ugyanazon eséssel.
Ha egy ilyen csatorna ágaiban a niveau magasságot keressük, azt fogjuk találni, hogy abban két oly pontot találhatunk, melyek ugyanazon niveau magasságban feküsznek és ha ezen pontok irányában a csatornát áthidaljuk, akkor ott nem fog áramlás mutatkozni. Ugyanaz áll az electromos áramlásra is. Ha az elágazó vezetőben két oly pontot veszünk föl, melyeknél a potentiál értéke ugyanaz, és ha ezen pontokat vezetővel összekötjük, ott nem lesz electromosság. Azon vezető, mely a hasonló potentiállal bíró pontokat összeköti Wheatstone hídjának neveztetik. Az elágazó vezetőnek egyes részeit 1, 2, 3, 4-el jelöljük, ezen esetben az A pont-

ban az 1 és 3 számú vezetőnek ugyanaz lesz a potentiálja, úgy szintén a C és D pontokban is. A C-nek esése e szerint $= i_1 w = i_3 w_3$. Ép úgy a 2 és 4-es vezető is ugyanazon potentiállal bír a B pontban úgy mint a C és D pontokban; CB-nek esése tehát ugyan olymódon számitható ki, mint az A C esése. Ha C D-ben nincs áram, akkor az ellenállás a 2-es ágban ugyanaz mint az egyben; négynél annyi mint a 3-ban. E szerint $i_1 w_2 = i_3 w_4$

Ha tehát az áthidalásnál nincs áram, akkor az elágazó vezetők ellenállásai között oly viszony áll fenn, mint ezen képlet mutatja.

$$i_1 w_1 = i_2 w_3$$

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4}$$

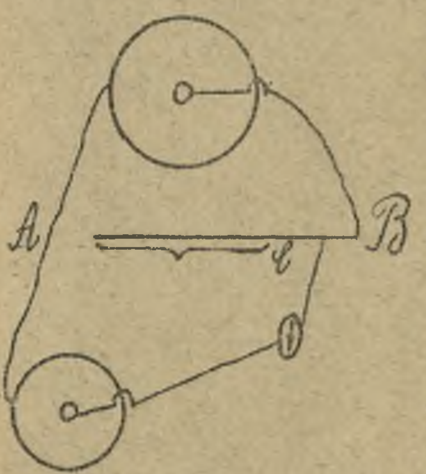
vagyis az első vezeték ellenállása úgy viszonylik a másodikéhoz, mint a harmadik a negyedikéhez.

Egy drótra vonatkozólag a megállapitott viszony alapján a vezető különböző részeinek ellenállása úgy arányulik egymáshoz, mint ezen részek hosszusága. Ha l_3 és l_4 huzal darabokra keressük az ellenállás viszonyát, akkor $\frac{w_3}{w_4} = \frac{l_3}{l_4}$ és ebből $w = \frac{l_3}{l_4}$ szorozva az ellenállási egységgel.

Régebben egy oly rézsodrony ellenállása vétetett egységül, melynek hossza 1 méter; átmérője 1 $^{m}/_{m}$. A tapasztalás azonban azt mutatta, hogy az ugyanazon méretű rézsodronyok különböző vezetési ellenállással birnak, mint hogy a réz ritkán tiszta, hanem többnyire - bár csekély mennyiségben - más fémeket is tartalmaz, melyek feltünöleg megváltoztatják a tiszta réz vezetési ellenállását, ezért a testek vezetési ellenállását Siemens inditványára higanyra vonatkoztatták, mivel ez leginkább homogén és így ellenállása is lehetőleg állandó. Siemens oly higanyoszlopot ajánlott, melynek hossza 1 méter keresztmetszete 1 $^{\square m}/_{m}$ 0°-u higany Lonál ellenállása vétetik egységül. Ezen ellenállási egység a gyakorlati Ohmad nevét viseli.

Ha a különböző anyagok vezetési ellenállását ugyanazon körülmények között összehasonlítjuk, nagy eltéréseket illetve különbséget találunk; a folyadékok vezetési ellenállása általában sokkal nagyobb mint a fémeké. Valamely anyag vezetési ellenállása viszonyitva az ellenállási egységhez, az illető test specificus ellenállásának mondatik. Ez a réznél és ezüstnél $\frac{1}{56}$-$\frac{1}{60}$-al egyenlő, mi annyit mond, hogy egy rézhuzal ellenállása $\frac{1}{56}$ $\frac{1}{60}$-át teszi ki a higany ellenállásának. Vasra vonatkozólag $\frac{1}{7}$-$\frac{1}{9}$; a szén specificus ellenállása már sokkal nagyobb, körül-belül 50-szer akkora mint a higanyé. A folyadékok ellenállása, mint említettük, jóval magasabb mint a fémeké. a tiszta vizet és a kénsavat végtelen nagynak kell tekintenünk. Ha a kénsavnak oly vizoldatát veszük, melyben 33% kénsav van, akkor ellenállása legkisebb és még ezen esetben is 14000-szer akkora mint a higanyé.

Valamely telepnek electromos ereje változó, de a gyakorlatban nem vagyunk tekintettel ezen eltérésre. Ha egy galván elemet bezárjuk, akkor abban a potentiál változása egyenlő az áram intensitásnak és a vezető ellenállásának a szorzatával.



A vezető egy közbeeső pontjára pld. a l-re vonatkozólag az [intensitás] electromos potentiál egyenlő az intensitás szorozva Al hosszúságú drótrészletnek az ellenállásával.

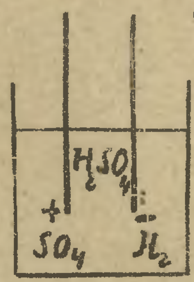
Azon adatok, melyeket tárgyalásunk folyamán egy vezetőre megállapítottunk a következők: A munka, melyet a vezetőben működő erő végez $= i\,(v - v_1)$; ebből $(V - V_1) = \underline{i.w}$; az erély változás egyenlő $\underline{i^2 w}$

Az electromos áram hatásai

Az electromos áram hatásai lehetnek: vegyi, éllettani, hő, fény és mágneses hatások. Vizsgáljuk ezeket külön, külön.

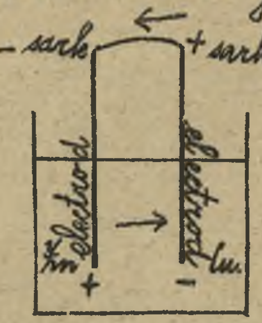
1). Az electromos áram chemiai hatása. Az electromos áram vegyi hatásának kimutatására két fémlemezt használunk, melyek valamely folyadékba [: pl. vizbe, higitott kénsavba :] merülnek. Azon folyadékot, mely az áramot vezeti, electrolitnek nevezzük, azon fémeket pedig, melyeken át az áramlás történik, electródoknak mondjuk. Az electródoknak azon ága, mely az áramot az electro-

litbe vezeti positiv, másik ága pedig melyen át az áram a folya-
dékból kiáramlik, negativ electrodnak neveztetik.–
Ha valamely vizet tartalmazó edénybe vezetjük az áramot, akkor
azt fogjuk találni, hogy a víz az áram hatása alatt alkotórészeire bom-
lik, mely gázok buborékok alakjában szállnak fel, és ha ezen gá-
zokat csövekben felfogjuk, azt fogjuk tapasztalni, hogy az egyik cső-
ben kétszer annyi gáz foglaltatik mint a másikban. A kétszer na-
gyobb térfogattal bíró légnemű test, nem egyébb mint a Hydrogén
(H_2), a másik pedig az Oxygén (O). A Hydrogén mindig a negativ,
az Oxygén a positiv electrodon válik ki.
Az áram vegybontó hatása mutatkozik savaknál is. Ha például
kénsavas és eccetsavas ólmot veszünk electrolitnek; platinát és re-
zet pedig electrodoknak, melyek közül a platina positiv, a réz
pedig negativ electrod gyanánt szerepel, akkor a negativ electro-
don az ólom fog kiválni és Hydrogén lesz szabaddá.
A mondottakból kitűnik, hogy a nemleges electrodon mindig
a fémek és a Hydrogén szabadulnak föl, míg az electrolitnek e-
gyébb alkotó részei a positiv electrodon helyezkednek el. A chémiai
azon anyagokat, melyek a nemleges electrodon váltak ki, posi-
tiv testeknek, a többieket pedig negativoknak nevezi.
Az áram chémiai hatásánál nem elégséges csupán azt tudnunk,
hogy az electrodokon minő anyagok válnak ki, hanem ismer-
nünk kell az electrodok minőségét is. Ha oly szerkezetet alkal-
mazunk, melynél az electrolit kénsavas víz, a positiv electrod pla-



tina, akkor a platinával nem egyesül az SO_4
hanem a vízzel ismét kénsavat ad, a víz Oxy-
génje pedig szabaddá lesz; képletileg: $SO_4 + H_2O =$
$H_2SO_4 + O$. Ha ellenben Zincum a positiv electrod,
azon esetben a positiv electrodon elhelyezkedett
SO_4 a tiszta Zincummal kénsavas zinket képez
és így gázfejlődés nem jön létre. A különböző galván elemeknél e-
lem sarkokról is szoktunk szólani, ezek alatt az electrodoknak az

elemből kiálló végeit értjük, és ezek vezetővel össze vannak kötve.



A réz negativ electrod, de positiv electrod de sarka nemleges.
Hogy mennyi alkotórész válik ki az electrolitből, az áram intensitásától függ.
Az áram hatására vonatkozólag különös mérték egységet eddigelé nem alkalmaztunk, csak összehasonlítólag mértük, azt az áramot tartván erősebbnek, mely ugyanazon idő alatt nagyobb chemiai hatást képes létesiteni. Az áramok erejének mértékeül azon áram szolgál, mely 1 perc alatt egy köbcentiméter normál állapotú durleget fejleszt. Az áram ilyetén mérése, voltamotorikus áram mérésnek neveztetik.
Ha egy áramot különböző electroliten vezetünk át, az által kiválasztott alkatrészek az aequivalens súlyokkal arányosak; minthogy pedig ez utóbbi a parány súlyokkal áll arányban, következik, hogy az áram által kiválasztott alkatú részek az atom súlyokkal is viszonyban állanak.

Electromos polarisatió.

Ha egy oly elemben létesítünk áramot, melynél az electrolitet vízzel hígitott kénsav, az electrodokat pedig Zn és Cu. képezik, akkor az áram vegybontó hatásánál fogva, a Hydrogén a negativ electrodon vagyis a Cuprumon fog kiválni. Az áram chemiai hatása közben a vezető változást szenvedett, mert a kénsav felbomlása után kénsavas zink keletkezett.
A chemiai folyamat közben tehát, minthogy az electrolit megváltozott, más lesz az electromos különbsége és más az ellenállása, ugyanekkor a fölszabadúlt Hydrogén a réz felületét bevonja és mint ilyen módosítja electromotorikus erejét. A mondottakból kitűnik, hogy ha valamely áram chemiai hatást gyakorol, megváltozik a vezető ellenállása és az electromotorikus erő és ezért van az,

hogy ilyen körülmények között az áram erőssége változást szenved. Azon változások, melyeket az áram a vegyi hatások közben maga elé görditt, olyanok, hogy az áram erősségét gyöngitik és ez nagyon természetes, mert ha az áram oly változásokat létesitene, melyek folytán mindinkább erősbödik, akkor ott végtelen erély mennyiség keletkeznék. Az a jelenség, mely az áram gyengülésében nyilvánul, az electromos polarisatio jelenségének neveztetik. Ezen tünemény magyarázatát abban leli, hogy az áram fennállása közben oly módon változtatja meg a fémfelületeket, hogy azokon egy az áramban létre jövő electromotorikus erővel ellentett irányu electromindító erő lép föl, mely kisebb és a meglévőnek erősségét csökkenti. Az electromos sarkulás mindenütt mutatkozik, a hol fémlemezek az áram által felbontható folyadékokkal érintkeznek, erősebb áramoknál azonban csak csekély különbség mutatkozik az electromotoricus erőben.

Állandó galvánelemek.

Szigoruan véve állandó áramot létesitő elemeink nincsenek, gyakorlat szempontjából azonban szólhatunk ilyenekről, ha az említett változásoktól eltekintünk. Azon eltérésenek, melyeket a polarisatio az electromotoricus erőben létre hoz, elejét vehetjük, ha a Hydrogén kiválását megakadályozzuk. A Hydrogénnek a negatív electrodon való lerakodását különféle képen akadályozhatjuk meg legegyszerübb eset, midőn oxydatio által vizzé alakitjuk. Ily módon az electromos sarkulás nem jöhet létre.

Az állandó elemeknek egyik fő typussa a Daniel féle elem,

melynél az elsőrendü vezetőket Zincum és Cuprum képezik. Hogy a polarisationak elejét vegyük, kettős folyadékot alkalmazunk electrolit gyanánt s pedig vizzel higitott kénsavat, melyben a Zn. és rézgáliczot, melyben a Cu. áll, a két fémet egy agyagedény, az úgynevezett gát /: diaphragma:/ választja el. Ha az elemet bezárjuk az áram megindul, melynek vegybontó hatása folytán az electrolit felbomlik: SO_4 tiszta rézre. Ez utóbbi a Cuprumra rakodik és azt nagyobbítja, az SO_4 pedig a diaphragmán átszivárogván a kénsavból fölszabadult Hydrogeinnel ujból kénsavat képez. Amint látjuk ily módon a zavaró körülmények kiméltözve vannak és ezokból az elem működése tartós.

Másik ilyféle elem a Bunsené zincum és szén elem, melynél a Zn. vizzel higitott kénsavba a Carbonium pedig légenysavba van mártva. A Hydrogein a légenysavban tétetik ártalmatlanná. — Rövid időre kiválóan alkalmas Löklense féle elem. Csengetyűknél, telefonoknál igen jó szolgálatot tesz, mert az áram rövid ideig tart. Barnakő és szén képezik lényeges alkatrészeit. A Hydrogen ártalmatlanná tétele oxydatio által történik. Ezen említett három elemen kivül még több állandó elem van, gyakorlati alkalmazása azonban leginkább e háromnak van, ezek közül a Dániel féle elem az, mely a többiek electromotorikus erejénél mérték egységül vétetik. Az electromos sarkulásnál, a mint látjuk, a meglevővel ellenkező irányu áram keletkezik és igy a polarisatiot fölhasználhatjuk arra, hogy általa áramot létesítünk. A polarisatio jelensége és az alapon áram keletkezik, ha két fémlemez között a vizet alkatrészeire bontjuk, midőn is a Hydrogein az egyik, az Oxygen pedig a másik fém felületet fogja bevonni és ez alkalommal támad az áram. Másik ilyen eset, midőn kétsavba mártott elemlemezen vezetünk áramot keresztül, akkor az egyik oxydáltatik, a másikra pedig Hydrogein rakodik le. Az oxydált lemez maga is képes áramot létesíteni és ha ismételten vezetünk rajta keresztül áramot és kisütjük, elvégre szivacsos állományu ólmot kapunk, melyből ha elemet készitünk, erősebb áramot nyerünk. Az ilyen megváltozott fémekből készített elemek secundär elemeknek neveztetnek, előnyök abban áll, hogy nem kell hozzájok diaphragma. Blandnin szerint 100 ily secunder elemnek egybekapcsolása által oly áramot létesíthetünk, hogy a levegőn át szikra alakjában történik a kiegyenlítődés.

Ezen secunder elemek igen jó eredménnyel működtek, de nem terjedtek el, csak is akkor midőn Fort egy kis változás piaczra hozta őket és acumlatatoroknak nevezteel. Az acumlatatorok az egyszer beléjük vezetett áramot összegyűjtik, úgy hogy az bármikor rendelkezésünkre áll. A Fort féle elemeknél az ólom miniummal van bevonva csakhogy az gyakran lehull az ólomról. Az acumulátor kiválóan alkalmas valamely mozgó szerkezet hajtására. A megtöltött acumulátort elhelyezzük valamely állomásra és mozgatni fogja az electromos mozdonyokat mindaddig, míg az áram tart. Az acumulatort, mely lényegileg nem egyéb mint valamely ólom oxyddal /: pl. miniummal :/ bevont ólom lemez, a gyakorlatban rendszerint rács alakkal bír.

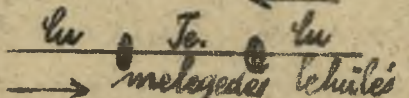
Az electromos áram hő hatásai.

Egy vezető testbe például rézhuzalba vagy valamely electrolitbe áramot vezetve abban oly erő mennyiség keletkezik az időegység alatt, mely a potential esésével és az áram intensitásával arányos. Ha azt a hőmennyiséget, melyet valamely conductorba vezetett áram ad, ismerni akarjuk, nem kell egyebet tennünk, mint az i^2w szorzatot a hő egyenértékével megszoroznunk. Két fém válasz felületén azonban a hő kifejtés nem olyan mint a vezető belsejében, amott ugyanis a hő arányos az áram intensitásával és függ ezen kívül az vezető minőségétől és azon iránytól, melyben az áram áthalad. Egy vezetőben tehát az áram keltett hőmennyiség egyenlő $A\,i^2w$, a vezetők válaszfelületén pedig $A, i(k,h)$; az előbbi a Joule /: olv. Jal :/ az utóbbi a Peltier féle törvény. Ha a hő kifejlést láthatóvá akarjuk tenni, oly körülményeket kell létesítenünk, melyeknél a magas hőmérséklet folytán a testek világítanak. Kicsiny hőmennyiség is magas hőmérsékletet létesíthet kis fajhőjű és tömegű vezetőben. Ezszerint, hogy magas hőmérséklet keletkezzék, kistömegű vezetőt kell alkalmaznunk.

Tekintsük az áram által előidézett hő kifejléseket és azok

eloszlását a vezetőkben. Valamely vezető bezárása alkalmával annak minden részében hő keletkezik, mely hő tudvalevőleg magas hőmérséklettel jár kis tömegű vezetőben.
Hogy az ellenállás nagyobbodásával nagyobb hőmérséklet keletkezik, arról meggyőződünk, ha rézből és vas huzalból láncot készitünk, ezen láncon áramot vezetve át, a vas drótok az áram hatása alatt izzásba jönnek, a réz huzalok azonban nem, mert kisebb az ellenállásuk. Ha egy drótot a rajta átvezetett áram által csak csekély izzásba hozzuk és azután hidegbe teszük, akkor a kiálló részek erős izzásba jönnek és pedig azért, mert a lehűtött részek ellenállása kisebbedett ezzel kapcsolatban a vizből kiálló részek ellenállása nagyobbodott, ezekben a hő kifejlésnek is nagyobbodnia kellett.
Az ilyen zárt vezetőkben keltett hő fénnyel is jár, de az a hibája az ilyen fénynek, hogy nem sokáig tart, mert a drót elég. Ezen elégésnek azonban elejét vehetjük, ha a vezetőt légüres vagy pedig semleges gázot tartalmazó térben helyezzük el, mely gáz az égést nem táplálja.
Ha az áramot világitásra akarjuk felhasználni, akkor a mondottak értelmében kis tömegű és nagy ellenállású vezetőt kell alkalmaznunk. Legjobbnak bizonyult a szén, mert ellenállása 50-szer akkora mint a higanyé. A szénből kicsiny keresztmetszeti fonalakat készitünk, ezeket légüres térbe helyezzük, melyek nagy ellenállásuknál fogva igen erősen világitanak. Ezen anyagon kivül még más vezetőt is alkalmazhatunk világitásra; rendesen légüres üveg hengerekben helyeztetnek el és izzó lámpáknak neveztetnek. Ezen lámpák jellemzésére azon electromotoricus erő szolgál, mely megvilágitásukra szükséges /: Az intézetben lévő lámpa 25 Volt-os mely kifejezés azt jelenti, hogy 25-ször oly hatást létesit mint egy Daniel féle elem :/. Azon hőmérsék, melyet valamely vezetőben létesitünk elég nagy ugyan, de mégsem alkalmas a világitásra: sokkal nagyobb hőt kapunk ha az

áramot oly levegőn vezetjük át, melyben szilárd vezető részek finomul vannak eloszolva. Két széndarab összetartásánál áram keletkezik, melynek folytán a szénvégek gyengén izzásba jönnek. ha most ezen izzásba hozott széndarabokat elszakítják egymástól, azon esetben oly levegő keletkezik közülök, mely szén részéket tartalmaz és ezen át az áram folytatódni fog, de igen nagy ellenállással, melynél fogva a kicsiny tömegű levegő igen erős izzásba jön és igen erős fényt áraszt. Ezen tünemény nemcsak levegőben, de szilárd vezető részeket tartalmazó vízben is létre jön. Az itt előadottak gyakorlati alkalmazást nyernek a Davy vagy Volta féle készülékeknek. A hőkifejlés másik módja, midőn a válasz felületeken keletkezik a hő. Erre nézve kiindulásul a Peltier féle kísérletet alkalmazzuk. Láttuk azt, hogy midőn az áram válaszfelületeken halad át egy ellenirányú áramot létesít. Ezen jelenség hő polarisationak neveztetik. Ha az áramot két különnemű fém között vezetjük át egy oly szerkezetbe, mely igen érzékenyen mutatja a hőmérséki változásokat, kimutathatjuk, hogy az átmenetelnél igen kicsiny hő fejlődik, mely hő; ha a válaszfelületeket aetherrel vonjuk be, el fogja ezt párologtatni. A thermoelectromos sor tagjait



egymás után írva: St, Fe, Cu, Pt, Bi, ezekre nézve a következő törvényszerűség áll fenn. Ha az áram egy elől álló fémtől egy utóbb állóba megy át, akkor ott melegedés létesül, ha pedig megfordított irányban halad az áram, azon esetben lehülés jön létre a válaszfelületen. Az áram tehát egy irányban melegíti a válasz felületet, második irányban lehűti.

Ezzel a jelenséggel kapcsolatban áll a melegnek elvezetése egyik helyről a másikra. Ha teljesen elszigetelt és elhanyagolható kis ellenállással bíró vezetőt állítunk elő, akkor létesíthetjük azt, hogy a meleg ne a melegítés helyén lépjen föl, hanem ott, hol lehülés történt. Ilyen vezeték egy dróttal bezárt telep, mely kifelé hatásokat nem létesít, sem pedig külső hatásoknak alávetve nincs. Bárminők legyenek is az erély viszonyok ezen szerkezetben az összes erélyváltozásoknak nullal kell egyenlőnek lenniök. Ilyen bezárt elemben chemia változások mennek végbe, melyek melegedéssel járnak. A chémiai energiában kisebbedés áll elő, a meleg mennyiség pedig nagyobbodni fog és ha a telep külső hatásoknak nincs alávetve, se nem gyakorol hatásokat kifelé, akkor a chemiai és melegváltozásoknak aequivalenseknek kell lenniök. Ezen következtetés az erély megmaradás elvén alapszik és ebben leli magyarázatát Fábernek kísérlete, melyet az említett módon létesített. Ha tiszta savba zincumot teszünk, ott bizonyos hő mennyiség keletkezik és pedig közvetlenül a vegyi egyesülés helyein; ha azonban még rezet is teszünk az electrolitba és bezárjuk az elemet, akkor a hő már nem a chemiai egyesülés helyein, hanem az egész vezetőben fog fellépni. Zárt vezetőnél tehát lényeges és jellemző az, hogy az erély eloszlása változik meg; hogy a keletkezett hőből mennyi esik magára az electrolitra, ez az ellenállásától függ.

Az electromos áram mágneses hatásai.

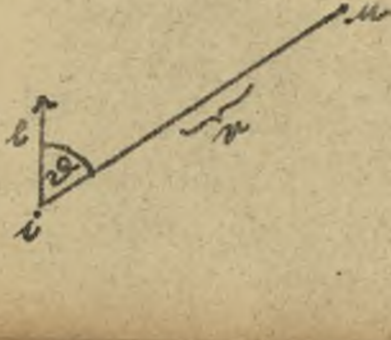
Az electromos áram mágneses hatásainak kimutatására két kísérletet alkalmazunk; először is olyáramokat veszünk vizsgálat alá, melyek egy vezeték részeiben valamely mágneses jelenlétében nyilvánulnak.
Ha az áramot oly mágnes mellett vezetjük el, mely az áram irányával párhuzamos, akkor az áram a mágnest saját irányára merőlegesen igyekszik állítani. Ha az erő irányát akarjuk megszabni, melyet az áram a mágnesre gyakorol, azt csak azon adatok által határozhatjuk meg, melyek a mágnesre vonatkoznak, vagyis az áram iránya mindig szabva a mágnes iránya által. De szem előtt kell tartanunk, hogy egy egyenes vezetőnk és egy mágneses polusnak: mi mindig az északi polust tekintjük: van, melyeknél a fent és lent fogalmak ki vannak zárva. Az áram erő iránya és ennek következtében a mágnes kihajlása mindenkor az Ampère féle szabály szerint történik t.i. ha emberi alakot képzelünk a vezetőbe úgy fektetve, hogy az áram a lábtól a fej felé menjen és az alak arczát a mágneshez legyen fordulva.

<u>akkor az északi polus mindenkor bal kéz felé hajlik el.</u>

Áramban nemcsak az electromos áram gyakorol hatásokat a mágnesre, de viszont a mágnes is a vezetőre. Midőn tehát a mágneses polus eltaszittatik, ugyanakkor ez az áramot „ellenkező" irányba iparkodik terelni és ha oly kisérletet létesitünk, melynél mozgatható vezető van alkalmazva csakugyan fogjuk a mágneses részéről ily visszahatásokat tapasztalni. Ezen alapszik az Bartow féle kerék, melybe higany cseppen át vezetjük az áramot. Ha ezen kerékhez egy mágnes északi polusával közeledünk, akkor az áramvezető hatásával ellenkező irányban fog mozogni.

Valamely zárt vezetőben, melynek tekercs alakot adtunk hasonló tünemények állanak elő, vagyis az áram kitérési helyzetéből a mágnest, viszont a mágnes ellenirányú mozgást létesít a vezetőben. Ha alátámasztjuk az ilyen vezetőket, úgy hogy forgásokat végezhetnek és áramot vezetünk rajtuk keresztül, az esetben mozogni fognak majd a földi mágnes irányító ereje folytán a földi meridián irányában helyeződnek el. Az ily módon elhelyezett zárt vezetőhöz mágnesruddal közeledve, azt tapasztaljuk hogy a mágnes egyik sarkát a vezető vonzani, az ellenkező polust pedig taszítani fogja. Olyan erőnyilvánulással van itt tehát dolgunk, mint a minőket a mágneseknél láttunk.

Az ilyen zárt vezetőkben fellépő erők irányának és nagyságának meghatározására kisérleteket fogunk a alkalmazni, melyek mindannyian két törvényre lesznek visszavezetve, az egyik <u>az elementári mágneses törvény</u>, mely a folyam elem hatását tárgyalja valamely mágneses pontra.



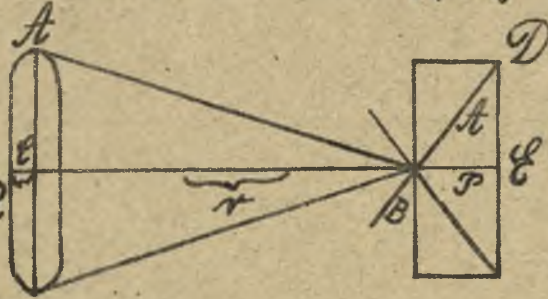
Ha a mágneses pont végtelen távolságra fekszik, akkor az áram erő nagyságát a következő adatok határozzák meg: r = a távolság a vezető és polus között; i = az áram intensitása; l = a folyam elem hossza és ϑ = a folyam elem hajlás szöglete. Ezen adatokból áramban még nem határozhatjuk absolut pontossággal a folyam elem hatását a mágnesre, mert az $r = \infty$; u pedig egy pontot fejez ki és így elementaris törvényt kapunk. E szerint az erő arra a síkra, melyet a mágneses sík és az áram irányain keresztül fektetünk, merőleges. /: Rajzban befelé gyakoroltatik ez az erő. Az erő nagysága egyenes arányban áll a folyam elem hosszával, az áram intensitásával és erősségével, fordítva aránylik a távolság négyzetéhez; ezeken kívül a hajlási szögletől is függ. Ezen törvény az electromágneses alaptörvény, mely képletileg így jelöltetik: $P = \mathfrak{e} \cdot \frac{u \cdot l \cdot i}{r^2} \cdot \sin\vartheta$ mely egyenletben $\underline{\mathfrak{e}}$ egy arányossági tényezőt fejez ki. Ezen törvényt felfedezői után Biot-Savart féle törvénynek is nevezik. A másik törvény más módon zárt vezetőre vonatkoztatva határozza meg az erőt. Ha a végtelen nagy távolsághoz képest elhanyagolható kis zárt vezetőt veszünk, akkor ez a végtelen távolságban lévő mágneses polusra oly hatást fog gyakorolni, mint egy mágnes gyakorolna az áram síkjára és ennél fogva $\underline{m = \mathfrak{e}\, f\, i}$.

Ha azonban a zárt vezető hatását nem ∞, hanem véges távolságban elhelyezett mágnesre keressük, a hol tehát a vezető méreteit elhanyagolni nem lehet, ott a hatást egyes pontokra nézve keressük ki és ezeknek összege fejezi ki az összhatást.

Mint a mellékelt ábrából is kitűnik a hálózatra bontott vezető egyes részeiben oly áramok keringenek, melyek egymást kölcsönösen lerontják, úgy hogy csak is a kerületbeli áram marad fenn.

Amint láttuk, a $\underline{P}$ és $\underline{M}$ egyenletében mindenütt az áram intensitása fordul elő, ezért tehát egységről kell gondoskodnunk, melyhez az áramok intensitását viszonyítani lehessen. Az egységet miként eddig, úgy itt oly módon akarjuk megválasztani, hogy az a C. G. S. rendszerben legyen kifejezhető! Ha az intensitásnak oly egységet válasszuk, melynél $\mathfrak{e} = 1$, akkor $P = \frac{u\, l\, i}{r^2} \cdot \sin\vartheta$. és ez electromágneses egységnek neveztetik. Ezen electromágneses egységet fejezi ki, hogy ha $R=1$, $l=1$, $c=1$ ϑ pedig $=\frac{\pi}{2}$ akkor $i=1$, vagyis azon electromágnesserő, mely az áram irányára merőleges mágneses polusra a távolság egységében az erő egységét gyakorolja, lesz az intensitás egysége. Az $M=f.i$ egyenletből $i=1$, ha $M=1$ és $f=1$, vagyis azon áram intensitása, mely egy négyszögcentimeternyi tért körülfolyva abban a mágneses momentumnak egységét hozza létre, lesz az intensitás egysége. A gyakorlatban az electromágneses egységnek egytizede $(\frac{1}{10})$ vétetik az intensitás egységéül és Amper-nek neveztetik.

A folyam elem hatásából kiindulva meghatározhatjuk egy zárt köralakú vezető hatását is egy olyan mágneses pontra, mely annak tengelyében fekszik.



Ha az erő nagyságát meg akarjuk határozni, akkor a köralakú vezetőt $n=\infty$ sok apró részre kell fölbontanunk. Adva levén a mágneses polus, ha az áram irányában úszunk arczal a polus felé nézve, akkor az balkéz felé fog kitérni. A jelen esetben, midőn köralakú vezetővel van dolgunk, minden egyes folyam elemnek ugyanaz lesz a hatása, mert szimmetricusan vannak elhelyezve; a folyam elem hajlás szöglete itt 90°-al egyenlő, mert minden egyes folyam elemre nézve merőlegesen hat a mágnes. A köralaku vezetőnek az E mágneses pontra gyakorolt ható erejét összetevőkre bontjuk, melyek közül a tengely irányába esők minden folyam elemre nézve ugyanazok lesznek, a tengelyre merőlegesek egymás hatását kölcsönösen lerontják és így csakis a tengely irányába eső erők fognak a mágnességre hatni.

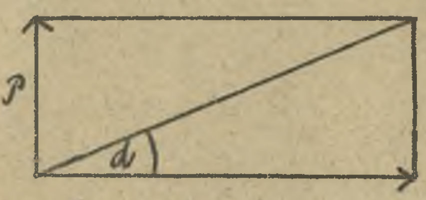
$2R\pi$ a köralakú vezetőnek kerülete, ha ezt n-el osztjuk, kapunk egy folyam elemet. Az ACB és BED derékszögű háromszögek hasonlók és így a megfelelő oldalaik arányosak, vagyis a $P:Q=R^2:R^2+r^2$; $P:Q=R:\sqrt{R^2+r^2}$; $\frac{P}{Q}=\frac{R}{\sqrt{R^2+r^2}}$; A $P=\frac{\mu . l.^2}{r^2}$ egyenlet szerint egy folyam elemre vonatkozólag a $P=\frac{\frac{2\pi R}{n}}{\sqrt{R^2+r^2}}$ szorozva még a μ-nak megfelelő értékkel és az áram intensitásával. Egy folyam elemnél tehát a jelen esetben

$$P = \frac{\frac{2R\pi}{n} \cdot 2 \times R}{R^2+r^2 \times \sqrt{R^2+r^2}} = \frac{\frac{2R^2\pi}{n}}{(R^2+r^2)(\sqrt{R^2+r^2})} \cdot i;$$

ebből az egész vezető hatását megkapjuk, ha e kifejezést n-el szorozzuk. P tehát egyenlő $\frac{2\pi R^2}{(R^2+r^2 \times \sqrt{R^2+r^2})}$ $\frac{1}{2}$ $i = \frac{2\pi R^2}{(R^2+r^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot i$. Ezen kifejezés visszavezethető egy végtelen nagy távolságban fekvő mágneses polus esetére.

Ha r $\propto$ nagy a kör sugarához képest, akkor ez utóbbi bátran elhanyagolható és így $P = \frac{2\pi R^2}{r^3} \times i$. πR^2 nem más mint a körfelülete, ezt a kifejezést helyettesítve tehát az egyenletbe $P = \frac{2fi}{r^3}$. E kihozott képlet azt mondja, hogy egy köralakú zárt vezetőnek hatása olyan mágnessarkra, mely a vezető tengelyében fekszik, a kör területével és az áram intensitásával egyenes, ellenben a távolság köbével visszás arányban áll.

Ezen adatokból megállapithatjuk egy oly zárt vezetőnek a hatását is, mely nem köralakú, kiszámithatjuk pedig a vezető méreteiből és a polus távolságáéltal. A mágneses erő és az áram intensitása közötti viszonyt megállapitván, a mágneses erő irányát és nagyságát úgy határozzuk meg, hogy azt ismert mágneses erővel egy mágnestűre hagyjuk hatni, mely tű az ismert állandó mágneserő merőlegesen áll. Két erő adva levén erekből az erő egyen közegy útján meghatározzuk az eredőt. Ha P és h (= horisontális összetevője a mágneses erejének), a két összetevő, akkor az általuk képezett egyenközény adja a kérdéses mágneses erő irányát; α azon hajlási szöglet, melyet az eredő a horisontális összetevővel képez; ezen adatokból $\frac{P}{h} = \text{tang.}\,\alpha$ és ebből $P = h.\,\text{tang.}\,\alpha$.



Egy köralakú zárt vezetőben elhelyezett mágnesre vonatkozólag, a mint láttuk, $P = \frac{2\pi R^2}{(R^2+r^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot i$ és így ezen érték egyenlő $h.\,\text{tang}\,\alpha$-val; az intensitás (i) pedig $= \frac{h(R^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}{2R^2\pi}\,\text{tang}\,\alpha$. Vegyük egy oly esetet, midőn egy köralakú zárt vezetőnél az intensitást meghatározó adatok ismert számokban vannak kifejezve. Legyen $h = 0{\cdot}31$ %m $R = r = 13$, a kétszer $\pi = 6{\cdot}28$. Ismételten megjegyezzük, hogy egy oly vezetőnél, melynél a tengelyben van a mágnes elhelyezve, csak akkor kapunk kitéréseket, ha a körsikja a földi meridiánba esik; másszóval ha a vezeték tengelye a földi mágnesre merőlegesen áll. $i = \frac{h(2R^2)^{\frac{3}{2}}}{2R^2\pi}$, tangd. $i = \frac{h(2^{\frac{3}{2}}\sqrt{(R^2)^3}}{2R^2\pi}$ tangd $= \frac{h(2^{3/2}.R^2)}{2R^2\pi}$ tangd $= \frac{h.2^{\frac{3}{2}}R}{2\pi}$ tangd. $= \frac{0{\cdot}21\times 2^{\frac{3}{2}}\times 13}{6{\cdot}28}$ tgd

Ha a jelölt műveletet végre hajtjuk, kapjuk, hogy az intensitás $i = 1{\cdot}23$ tangd C. G. S. A kitérési szöglet, melyet valamely áram létesíteni fog szintén adva lehet; vegyük hogy a jelen esetben $d = 25°$ és tang $25° = 0{\cdot}466$. $1{\cdot}23 \times 0{\cdot}466$-al egyenlő: $0{\cdot}57318$ ez az intensitás értéke; ha Amperekben akarjuk kifejezni, akkor 10-el meg kell ezen eredményt szorozni. E szerint $i = 5{\cdot}73$ Amper.

Az áram electromagneses hatásának mérése és az arra szolgáló eszközök.

Láttuk, hogy az electromos áram többféle hatást létesít. Ezek közül a chemiai hatást arra használhatjuk föl, hogy általa az áram erősségét mérjük, mert ha tudjuk, hogy egy Amper erősségű áram minő vegyi hatást hozott létre, akkor más esetben a keletkezett vegyi változásokból az áram erősségére vonhatunk következtetést. A tapasztalat azt bizonyítja, hogy egy Amper erősségű áram kiválaszt $10{\cdot}44c^3$ normál állapotú durlegét, melynél a nyomás 760 $^m/_m$, hőfokra 0; vagy pedig kiválaszt a negativ electrodon $1{\cdot}160$ milligramm rezet. Ezen kisérleti úton nyert adatoknak azon gyakorlati hasznuk van, hogy a chemiai hatásokból Amperekben fejezhetjük ki az áram erősségét. Ezen viszony ismerete különösen akkor bír nagy fontossággal, midőn a galvanometerek állandóját akarjuk meghatározni. midőn a galvanometerek állandóját akarjuk meghatározni. A galvanometereknél mint tényezők szerepelnek: h- a föld mágneses erejének horisontális összetevője és az eszköz méretei. Ha azonban ezen adatokból pontos eredményeket akarnánk kapni, akkor minden helyre vonatkozólag külön kellene meghatároznunk a h-nak értékét és ez bonyadalmas eljárás volna, a mit még nehezebbé tesz az eszköz complicált szerkezete. Mindezen nehézségek azonban elmaradnak, ha ismerjük az Amper és a chemiai hatás közötti összefüggést, mert ezekből megállapíthatjuk a galvanometerek állandóját és pedig $i = c$ tangd egyenletből oly módon, hogy az állandó $c = \frac{i}{tgd}$. Tudván azt, hogy az intensitás hány Amperrel egyenlő és hogy egy Amper hány köbcentiméter durléget választ ki, ismerve az $\underline{a}$ értékét isegyszerű osztási müvelet utján nyerjük az állandót.

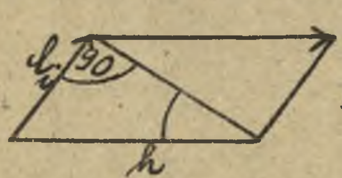
Minden olyan szerkezet, melynek electromagneses hatása általaz áram erősségét mérjük le, galvanométernek neveztetik. Közös tulajdonsága ezen eszközöknek, hogy a mágnestü tengelyükben van elhelyezve.

Eddigelé azt tételeztük föl, hogy a mágneses erő irányát az intensitása fogja adni. Ha kicsiny a mágnes a vezető méreteihez képest, akkor a galvánométer állandóját csak ugy állapithatjuk meg, ha a mágnesre vonatkozó méreteket istekintetbe veszszük.

A legegyszerübb alak, melyből a galvánométerek állandóját meghatározhatjuk, egy körvezeték melynek belsejében kicsinyméretü mágnestü mozog, hozzá van erősítve egy üveg mutató.

A galvanométereket ugy kell szerkeszteni, hogy a célnak leginkább megfeleljenek; a kitérés szöglete nem lehet nagy, mert 80-90°-nál a tángens már igen nagy. Ha nagyon pontos eredményt akarunk a galvanométereknél elérni, akkor tükröket alkalmazunk, melyek segélyével a szögelmozdulásokat határozzuk meg. A vezeték, melyből ezen szerkezetek állanak, rendesen köralaku, és ennek közepén foglal helyet a mágnes, lehet azonban elyptikus is. Ha két egyforma, de különvégződő vezetékünk van, akkor ezeket fölhasználhatjuk két áram közötti diferentiáknak a feltüntetésére, azért az ilyen áram mérők differentiál galvanométereknek neveztetnek. Ezen eszközök a földi mágnes hatásának van alávetve, mely hatás iránt nem egészen egyenlően érzékenyek, innen van az, hogy az állandó mágneses erő különböző kitéréseket létesit az egyes galvanométereknél. A kitérést tehát nem csak a vezető méreteitől, hanem a földi mágnestől is függ. Ha gyengébb áramot akarunk lemérni, akkor kisebb erősségü mágnest alkalmazunk, mint a földimágnes és ez compensaló mágnesnek neveztetik.

Régebben az ugynevezett astatikus /: iránytalan tüket alkalmazták a gyenge áramok kimutatására, melyek két egymás fölött elhelyezett mágnestüből állanak, a mágnestük ellenkező végeikkel vannak egybe kapcsolva és igy hatásaikat kölcsönösen lerontják. Az ilyen astatikus tük a leggyengébb áramok iránt is érzékenyek és könnyen kimozdulnak nyugalmi állásokból. Ujabban nem igen használják őket, mert sok hibájok van. Ha igen nagy fokú érzékenységet akarunk elérni, akkor a Thomson féle galvánométert alkalmazzuk, melynél a mágnes lehetőleg kicsiny és ennek megfelelőleg a kitérési szög tágense igen nagy lesz. A galvanométerekkel való méréseknél említettük azt, hogy az eszközt mérés alkalmával a meridián síkjába kell helyezni; van azonban áram mérésnek egy módja, hol az árammérőnek nem kell okvetlen a délkörbe helyezkednie. Ezen ez az úgynevezett sinus és tangens tájolónál jön elő. Régibb tankönyvekben különbséget tesznek ezen két eszköz között, jóllehet ezen galvanométerekkel egyaránt lemérhetjük a szög sinusát és tangensével. Ha ugyanis a tájolót úgy állítjuk, hogy a kitérített tűvel párhuzamos, azon esetben az áram intenzitása a kitérés szükségletének sinusával arányos.

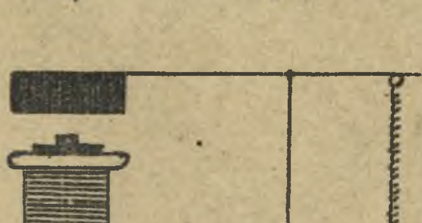


$h \sin d = l\,i$

$i = \frac{h}{l} \sin d$

Ezen eljárás azonban igen alkalmatlan, mert a tű kitérés után lengéseket végez és ezért a galvanométert forgatni kell mindaddig, míg csak párhuzamos nem lesz a tűvel.

Az áram mágneses hatásáról szólva említést kell tennünk annak mágneserő hatásáról is, mely abban nyilvánul, hogy a galvanométer egy lágyvas darabokat mágnessé tesz az áram hatása alatt. Az electromos áramnak ezen hatása kiválóan alkalmas mesterséges mágnesek előállítására, sokkal jobb mint a dörzsölés és húzás által való mágnesezés. Ha az áramot megindítjuk a vezetőben, akkor míg az áram tart, jelentékeny mágneses erőt fog gyakorolni, melynél fogva a közelében lévő lágy vasat magához vonzza és azt mágnessé teszi, ha megszűnik az áram, megszűnik egyszersmind a vezetéknek a lágyvasra gyakorolt mágneses ereje és akkor a lágyvas le fogami. A mi a lágyvasat a galvanométerhez húzza, az a mágneses erő, a mi pedig azt az áram megszűnte után leszakítja, az az ellenirányú nehézség.



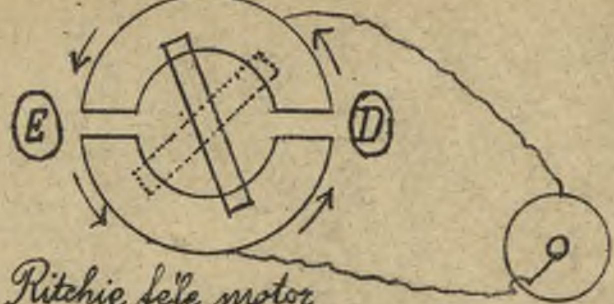
Ezen jelenség képezi alapját kiinduló pontját sok szerkezetnek, a többek között a telegráph-nak is. A gyakorlat szempontjából sok dolog jö tekintetbe a távirónál, lényegileg azonban az itt látható ábra fejezi ki a telegráph részeit. A távíró kellékei: a kulcs k billentyüből áll, melyet egy rugó ránt vissza. Két állomáson egy eg telep, egy áram szakító és ennek megfelelőleg a másik állomáson egy áram jelző van alkalmazva. Az áram zárása és nyitása a kulcs segélyével történik. ha lenyomjuk a billentyűt, bezárja az áramot és a másik állomáson levő írókészülékbe juttatja. A jeleket az electromágnesnes által mozgásba hozott vas darabbal iratjuk le egy papir szalagra, mely a lágy vas hegye előtt halad el.

Egy áram vezeték által periodicus mozgásokat is könnyen lehet létesíteni, csak arról kell gondoskodnunk, hogy az áram által létre hozott mágneses erő folytonos zárást és szakítást eszközöljön. Ilyen periodicus mozgás mutatkozik az electromágneses kalapácsnál, melynél az electro-mágnessel szemben egy rugóra erősített vasdarab van, az áram a rugón halad át oly módon, hogy midőn a rugó lehuzatik, az áram megszakad, azután ismét magához vonzza az electromágnes a vasdarabot, érintkezésüknél megszakad az áram és így tovább.

Periódicus mozgás nyilvánul továbbá az electromos csengetyüknél is. Lényegük a következő: electromagnes fölött rugóra erősített lágyvasdarab mozog, a rugó egy finom csavar hegyével érintkezik és ezen érintkezési hely képezi az áram útját; az electromágneses a lágyvasat magához vonzza, minek folytán az áram megszakad, erre a vasdarab eredeti helyére tér, a rohamot ismét bezárja. Így megy ez szakadatlanul, miközben a rugóra erősített kalapács egy csengettyűhöz ütődik.

Az electromágnesek vonzó és taszító hatását különféle gépek szerkezetére lehet felhasználni, mert bennük az áram irányának változása által a sarkokat megállíthatják és így a kivánalmak szerint vonzást és taszitást gyors váltakozásban hozhatunk létre. A legtöbb mozgató gépnek szerkezete épen e gyors váltakozáson alapszik.

Az ide tartozó szerkezetek közül megemlíthetjük a Ritchie /olv. Ricsi/ féle motort. Ha azt akarjuk, hogy ezen gépezetben forgó mozgás keletkezzék csak arról kell gondoskodnunk, hogy az electromágnesepólusai az áram irány változásainak megfelelőleg ellenkező sarkká változnak. Ugyanilyen forgó mozgás nyilvánul a Fromann-féle motornál is, melynél az electromágnesek szemben vasdarabok vannak; ennél arra kell figyelmünk, hogy midőn az electromágnes polusai a vasdarabok végeivel szembe jön, az áram megszakadjon és ezt úgy eszközöljük, hogy az áramot a motor tengelyén vezetjük át.



Ritchie féle motor

Electromos inductió

Midőn az áram chemiai hatásáról szóltunk, akkor említettük, hogy a vegyi folyamat alatt oly áram keletkezik, mely az eredetivel ellenkező irányú és így annak erejét gyöngíti. Ép ilyen ellenirányú áram támad azon esetben is, ha mágnest forgatunk fém közelében, vagy ha áram vezetéket mozgatunk egy vezeték közelében. <u>Faraday</u> volt az, ki először észlelte, hogy ha egy áram vezeték közelében egy másikat vagy egy mágnest mozgatunk, vagy ha az electromágnesnek mágneses momentumát, a vagy erősségét megváltoztatjuk, akkor a vezetőkben oly áramok létesülnek, melyek a mozgást akadályozzák és ez <u>inducált áramnak</u> neveztetik. Az inducált áram legegyszerűbben mozgatás által jön létre. Azon mozgás, mely a vezetőkben ilyféle változásokat létesít, inducáló mozgásnak neveztetik. Minden olyan vezetőknél, melyben inducált áram keletkezik, kétféle vezető van: elsőrendű v. inducáló; másodrendű vagy inductios vezető, amabban az electron indítást eszközlő roham, emebben pedig az inducált áram halad.

<u>Az inducált áram mindig olyan, hogy az inducáló mozgást akadályozza. Ez a Lenz féle törvény.</u>

Keressük azt, hogy milyen iránya az inducált áram. Legyen egy köralakú vezetékünk és közelítsünk ehhez egy mágnest északi polusával, akkor a Lenz féle törvény értelmében oly áram fog keletkezni, mely a mozgást akadályozza. A mondottakból az tűnik ki, hogy nekünk a felvett esetben aztaz erőt kell keresnünk, mely a mágneses polust eltaszítja, ezt pedig az Ampere féle törvényből könnyen meghatározhatjuk; és ha ismerjük eztaz erőt, tudjuk egyszersmint az inducált áram irányát is. Ismételten megjegyezzük, hogy áram csakis azon esetben jön létre, ha a mágnes a vezetők irányában mozog; bármily elhelyezésben legyenek is, ha nem mozog a mágnes, nem jön létre áram. Az áram keletkezésére nézve mindegy, akár a mágnes mozog a vezeték irányában, akár ez utóbbi a mágnes mentében. A földi mágnes erő haladó mozgást nem csak forgó mozgást létesithet.

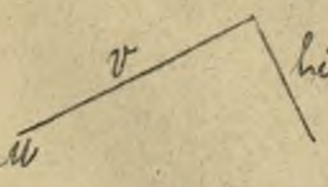
Midőn valamely mágnes egy tekercs alaku vezeték közelében mozog, áram jön létre; ugyanilyen jelenség nyilvánul akkor is, ha egy puha vasdarabnak mágneses erejét megváltoztatjuk. Ez képezte alapját az első távirónak. Az electromos inductió az emlitett két eseten kivül még egyébb körülmények között is létre jöhet, nevezetesen, 1) ha valamely zárt vezető közelében az áramot bezárjuk, az előbbiben ellenirányu áram támad, ha pedig a zárt vezető közelében megszakitjuk az áramot, akkor hasonirányu áram származik a vezetőben. 2) Ugyancsak ellenirányú áram ébred a vezetőben akkor is, ha egy áram által átfolyt vezetékekkel közeledünk hozzá; mig hasonirányu zaham támad, ha a vezetőket eltávolitjuk.

Lássuk, hogy ezen áramok mily erősségűek lehetnek. Ha egy vezetékünk van, melynél az intensitás i, az electromotoricus erő e, akkor az idő egység alatt végbe menő összes változás $i.e.$ τ idő alatt pedig $i.e.\tau.$ és ennek egyenlőnek kell lennie azon munkával, mely τ idő alatt létesitetett, vagyis $A = i.e\tau$. Mivel pedig A egyenlő az áram intensitásának és az idő egység alatt végzett munka szorzatával $i.A$,-el, mondhatjuk, hogy $e\tau = A$ ebből $e = \frac{A}{\tau}$ Az $\frac{A}{\tau}$ tört nem egyébb mint a munka viszonya az időhöz, mely viszont a sebesség szóval fejeztük ki és igy mondhatjuk, hogy az inducált áram electromotoricus ereje a munka végzés sebességével arányos. Ez a Neumann féle törvény melyaz inducált áram nagyságát szabja meg.

Tárgyalásunk folyamán mi az erély változást olymennyiség-

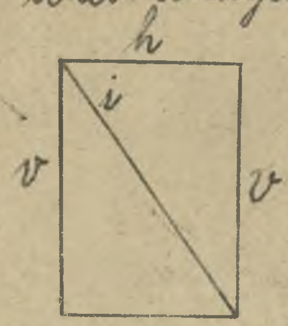
nek tekintettük, mely az idővel arányos; szigorúan véve ez csak akkor áll, ha a τ időtartam végtelen kicsiny.
Az áram összes mennyisége, mely valamely vezetőknél a keresztmetszeten áthalad egyenlő $i.\tau$-vel mely szorzat egyszersmint arányos azon chémiai hatással, melyet az áram a vezetékben létesített.
Az összes áram mennyiség, mely az inducáló áram folytán egy vezetéken átfolyik, független az időtől. $i.w = \frac{A}{\tau}$; $i\tau = \frac{A\tau}{\tau w}$ $\tau = \frac{A}{w}$. Ezen kihozott egyenlet azt mutatja, hogy az összes áram mennyiség, mely az inducált áram hatása folytán keletkezik, független az úttól és időtől; a chémiai munkára nézve tehát egészen mindegy akár milyen úton és bármily idő alatt visszük is be a mágnest a vezeték tekercsébe. Valamely vezetéknek és a közelében elhelyezett mágnes mozgatásánál mindig van áram, csak akkor nem, midőn egy vezetéket a földi mágnes hatása alatt hozunk haladó mozgásba.

Ha egy egyszerű egyenes vezetőt vízszintesen elmozgatunk, azon esetben oly vezetékkel van dolgunk, mely a földi mágneses hatása alatt lévő térben mozog. Hogy ha azt az áramot, mely ezen egyenes vezetőben keletkezik, meg akarjuk határozni, akkor a munka végzés sebességét kell ismernünk. A földi mágnes a vezetékre való hatása alkalmával egy vízszintes és egy függélyes összetevőre bomlik. az első erő irányában semmiféle munkát sem fog végezni a földi mágnes, a függélyes összetevő ellenben iparkodni fog a vezetéket, ha áram van benne eltolni.



Azon erő, mellyel a mozgást végeztük egyenlő $v l_i$-el; a munkát mely ezen mozgás közben létesül, úgy kapjuk meg, ha az erő értékét az útnagyságával megszorozzuk; $\underline{v l_i s}$ tehát a végzett munka.
Ha az időt, mely alatt az elmozdulás történt τ-val jelezzük azon esetben az electromotoricus erő $e = \frac{v l_i s}{\tau}$, vagyis a munka és az idő viszonyával, /: $\underline{v}$ a mágneses erő verticolisa :/. Az összes munka $A = v l_i s$; az időegység alatti munka $A = \underline{vls}$; $\frac{s}{\tau} = u$ = sebesség és akkor $\underline{e = v l u}$. Az az áram egységes intensitásával egyenlő intensitású áram. A z ér-

tékét könnyen kiszámithatjuk, ha ismerjük az inclinatiot, $v = h.$



$tang\, i$. Az electromotoricus erőt még más féle képen is kifejezhetjük és pedig $i\tau = \frac{A_1}{w}$ és $e = \frac{A_1}{\tau}$ egyenletek alapján; az első egyenlet értelmében ugyanis $A_1 = wi\tau$; a második szerint $A_1 = e\tau$, és igy $e\tau = wi\tau$, ebből pedig $e = wi$, $w = \frac{A_1}{i\tau}$.

Ha az intensitást az electromágneses intensitás egységével mérjük, akkor a C. G. S. rendszerben fejeztük ki azta törvény szerüségét.- Hogyha valamely egységnyi intensitásu mágneses mezőben 1 cm hosszúságú vezetőt az erő irányára merőlegesen 1 mp alatt 1 cm sebességgel mozgatunk, abban az electromotorikus erő egysége jön létre és ennek egy tizede az Amper.

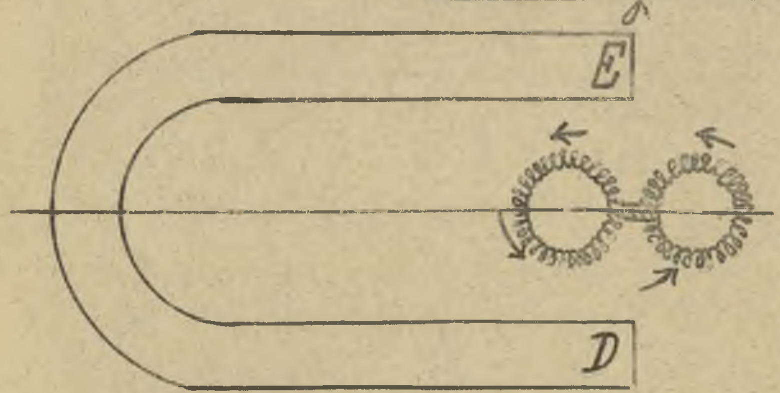
Az áram intensitásának egységét megállapitván, most az ellenállásra vonatkozólag kell etalon alakjában egy a gyakorlati mérték egységet megállapitani, mert ha ezt ismerjük, akkor az electromotoricus erő egységének meghatározása semmi nehézséggel sem jár. Gyakorlati egységül az ellenállás lemérésére Németországban a Siemens féle egység lett elfogadva, mely nem egyébb, mint 1 m. hosszú, 1 mm^2 harántmetszetű higany fonálnak ellenállása. Az az ellenállási egység, mely electromágneses egységben kifejezve határoztatott meg, egyenlő 10^{9} C. G. S. és Ohmnád-nak neveztetik.

A Siemens féle ellenállási egység - mint emlitettük ujabban módositva lett, amennyiban, hogy 106 cm hosszuságú és 1 mm^2 keresztmetszetű higany oszlop ellenállása vétetik gyakorlati egységül. Ismervén az ellenállás egységét könnyen meghatározhatjuk az electromotoricus erő egységét is és pedig az $i = \frac{E}{w}$ egyenlet alapján. Ezen egyenletből ugyanis $E = iw$. Az electromotoricus erő egysége azon electromotoricus erő, mely egy Ohm ellenállású vezetőben egy Amper áramot ad. $E = i.w$; $i = \frac{1}{10} = 10^{-1}$; $w = 10^{9}$ ebből $E = 10^{-1} \cdot 10^{9} = 10^{8}$ és Voltnak neveztetik.

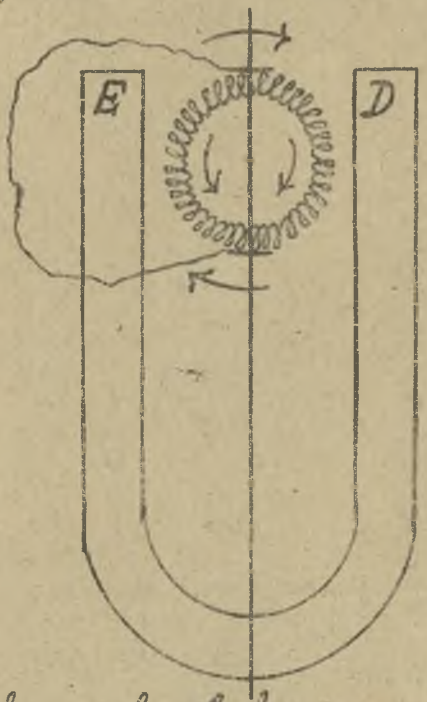
Az áramra vonatkozólag tehát 3 egységet állapitottunk meg, melyek mindegyike C G S rendszerben van kifejezve. Az electromos áram intensitásának egysége 10^{-1} C G S = Amper; az ellenállás egysége 10^9 C.G.S.= Ohmád; az electromotoricus erő egysége 10^8= Volt.

A gyakorlat szempontjából az áramoknak mechanikai úton való előállítása sokkal hátrányosabb [illetve drágább] mint egy telep segélyével, mert míg ez utóbbinál a chemiai változásnál föllépő meleg az áram létesítésére használtatik föl, tehát aránylag csak kevés erély vész el, addig a mechanikai úton való előállításnál a szénnek csak $\frac{1}{10}$ része fordíttatik áram létesítésére $\frac{9}{10}$ része elpazaroltatik. Hogy azonban mégis gépek segélyével, szén fölhasználása mellett létesítünk áramot, az azért van, mert a carbon aránytalanul olcsóbb mint a zincum és ha el is pazarolnak $\frac{9}{10}$ részt a szénből még akkor is kevesebbe kerül mint a zincum.

Electromagneses szerkezetek.



Említettük, hogy valahányszor egy mágnest és vezetőt egymás irányában mozgatjuk, mindannyiszor áram keletkezik; az az áram, mely valamely zárt sík vezetőben létre jön és inducáltatik, mikor egy mágmágnesespolushoz közeledik, olyan irányú mint mikor attól távolodik. A felvett esetben az egész magneses térben nem csak az északi, de a déli polus is hat. A választó síkon innen túlnyomó a D; a válaszfelületen túl pedig az északi polus hatása. Ha a vezetőt mozgásba hozzuk, ez a déli mágneses térben fog mozogni először és ez által a vezetékben egy irányú áram keletkezik, mert a mozgás iránya változatlan marad. Midőn azonban a vezetők a választó síkon túlhalad és az E polushoz közeledik, megváltozik a mozgás iránya, és ennél fogva az áram irányában is változásnak kell előállania. Ezen bajon segített Gramm az által hogy az általa készített gépeknél, melyek Gramm féle gépeknek neveztetnek, sodronygyűrűk helyett tekercseket alkalmazott. A Gramm-féle gép lényegében véseigen egyszerü és gyakorlat szempontjából igen fontos, mert egyirányú áramot létesít. A Gramme féle gépnek lényeges részét egy állandó mágnes



képezi, melynek polusai között egy tekercsből készített vezető gyürü hajtó kar és kerék segélyével gyorsan forgatható. Ha mozgásba hozzuk a vezetőt az óra mutató irányában, akkor ennek minden egyes részében, melyek az északi polus hatása alatt állanak, a mozgás irányával ellenkező irányú áram fog keletkezni; azon részekben pedig, mely a déli sark vonzó terében fekszenek ugyanazon irányú áram létesül. A vezető gyürü forgatásánál ilyen körülmények között semmi hatás sem fog nyilvánulni, mert a két electromotoricus erő egyenlő nagyságú, de ellentett irányú és így hatásaikat kölcsönösen megsemmisítik; a tünemény lefolyása itt olyan, mintha két elemet egymás ellenében kötöttünk volna össze. Hogy tehát ezen szerkezetekkel egyirányú áramot lehessen előállítani, Gramme bizonyos fogással élt és ez abban áll, hogy az egyik áram elvezettetik. Ezen szerkezetek előállításánál több dolog van, a mit figyelembe kell méltatnunk; így a gyakorlatban arra fogunk figyelni, hogy a mágneses erők nagyok legyenek; a vezető gyürüt mágneses vasra erősítjük rá, hogy a mágneses tér hatása nagyobbodjék; az összeköttetést ott létesítjük, hol az eszköz legkevésbé kopik, végre a gyürü tengelyén át történjék.

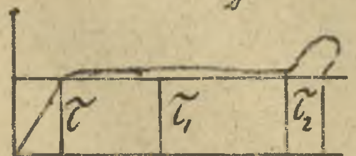
Egy ilyen gépezet, mely munka végzés által szolgáltatja az áramot, hogyha vezetők segélyével valamely más szerkezettel van összekötve, képes ebben mozgásokat létesíteni. Ha azt akarjuk, hogy az átvitel előnyös legyen, akkor kis keresztmetszetü vezetőt és nagy feszültségü áramot kell alkalmaznunk. Állandó mágnes helyett czélszerübb ezen gépeknél electromágnest alkalmazunk, mert hatását illetőleg olyan mint a közönséges állandó mágnes, de nagyobb erősségü mágneses tért hozván létre nagyobbodik egyszersmint az electromotoricus erő is.

Az ilyen gépeket, melyeknél erőművi úton létesítünk áramot és közönséges mágnes helyett electromágnest használunk, <u>electrodinamikus gépeknek</u> mondjuk.

Az inducált áramoknak még néhány más jelenségével fogunk foglalkozni, főkép azokkal, a melyeknél inductio által különböző feszültségű és electromotoricus erejű áramokat létesíthetünk. Az electromotoricus erő tudvalevőleg egyenlő $\frac{A\varepsilon}{\tau}$-vel, ez tehát az inducált áramnál két tényezőtől függ: az erély változástól, mely azt létesíti és az időtől, mely alatt végbe megy; nagy electromotoricus erőt vagy ilyen nagy munkával hozunk létre, vagy pedig úgy, hogy igen rövid idő alatt forgatjuk meg a gépezetet.

Az áram, mely valamely vezetékben létre jön, igen nagy erélyt képvisel; ha gyors erély változást létesítünk, nagyobb electromotoricus erőt várhatunk mint a stationer áramoknál és ezt ki is mutathatjuk mert az inducált áramoknál fellépő electromotoricus erő ép úgy nyilvánul szikra alakjában mint a dörzselectrom gépnél.

Ha egy tekercs alakú vezetőt veszünk és ezen áramot bocsátunk át, akkor a vezető egyes részei egymáshoz fognak közeledni, mert a tekercsben keringő áram egymáshoz közelíti őket. ha megszakítjuk az áramot, azon esetben minden egyes tekercs darabban egy irányú áram fog keletkezni, ezen vezetőben tehát szakításkor a stationer áramon kívül még egy inducált áram keletkezik, melynek electromotoricus erejével irányra nézve. Ha bezárjuk a vezetéket, akkor a zárás tartalma alatt oly electromotoricus erő fog föllépni az inductio folytán, mely a stationer áraméval ellenkező irányú. Az áram electromotoricus erejét graphice is előállíthatjuk.



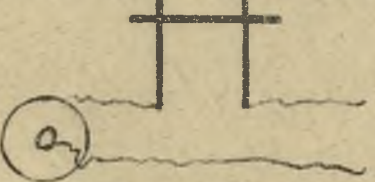
τ_1 idő tartam alatt a zárás kezdődik. τ alatt zárva marad, azután megszakad az áram és τ_2 idő tartamig. Az Ohm féle törvény azt mondja, hogy mialatt a zárás megtörtént és fennállott az áram iránya ugyanaz lesz. A vezető zárásakor, illetve a zárás tartalma alatt kisebb lesz a stationer áram electromotoricus ereje, minthogy egy ellen irányú áram keletkezik, mely amannak hatását gyengíti. a megszakítás pillanatában ellenben az áram electromotoricus erejében még egy ugyanazon irányú is hozzá járul, minek következtében erejében növekszik; /: ezt az ábrán a kiemelkedés tünteti föl:/ szakítás után az áram ismét visszatér normális állapotába.

Valamely tekercs alakú vezeték által végzett munka annál nagyobb, minél nagyobb a tekercs részletek száma és minél közelebb feküsznek egymáshoz. Ebből az következik, hogy ha két tekercset alkalmazunk és az egyiket a másikon belül, tehát egymáshoz igen közel helyezzük el, akkor még nagyobb eredményeket fogunk elérhetni. Ezen alapszik a Ruhmkorff féle eszköz, melynek lényeges részeit két vezető tekercs képezi. A belső tekercs, melynek közepén electromágnes van elhelyezve, igen nagy számu vékony sodronyból áll. Ha megszakítjuk az áramot, akkor inducált áram fog a belső vezetékben létezülni, mely igen nagy electomotoricus erővel bir. Ruhmkorff készülékével több érdekes kisérletet végezhetünk; fisiologiai hatásai nagyszerűek, melyek embert, állatot képesek halálra sujtani; két fémcsúcs között állandó szikra áramot ad, melynek átütési távolsága 3-4 deciméterre is emelhető. Felette érdekes tüneményt kapunk, ha ezen készülék áramát az úgynevezett Geissler féle csöveken vezetjük át; ezen csövek üvegből készülnek, igen ritka gázt tartalmaznak és végeikbe platin huzalok vannak beolvasztva, melyeken át az inducált áramot a csövön át vezetjük, midőn is a szikra megszünik és a kiegyenlítődés állandó fény pamat alakjában mutatkozik.

A fisiologiai hatások szempontjából az electrodynamikus gépek közül kiváló fontosságú Dubois-Reymond féle szánka készülék, melynél az inducált áram vezeték mint szánka tolható el a fő vezető fölött. Ha az áramot megszakítjuk, akkor a szánka készülék közelébe hozott vezetékben váltakozó áramok fognak inducáltatni. A Dubois - Reymond féle készülék az electrom gyógyászatban szokott használtatni.

A nagy electromotoricus áramot szolgáltató vezetők, ha a nagy közönségnek mintegy kezeibe vannak adva, élettani hatásánál fogva roppant veszélyesek lehetnek, ilyen esetekben a transformokat szokták alkalmazni, melynek segélyével a nagy electromotoricus erővel biró áramokat kisebb feszültségü áramokká alakítjuk át.

Az inducált áramokról szólván említést kell még tennünk két oly eszközről, melyek az inductión alapulnak és a közéletben nagy fontossággal bírnak ezek a <u>telephon</u> és a <u>mikrophon</u>. A Bell-féle telephon lényeges részei a következők: egy állandó mágnes, melynek egyik végére elszigetelt sodrony tekercs van erősítve; a mágnes ezen vége előtt lágyvas lemez van megerősítve, mely a hang által oly rezgésbe hozható mint a mily rezgést maga a hang végez. A vas lemez rezgése közben majd közelebb majd távolabb lesz a mágnestől és ez által a mágneses erő váltakozva erősbödni és gyengülni fog, minek folytán a vezető tekercsben ellenirányú áram támad, mely vezető sodronyokon át egy másik állomás levő hasonló készülék sodrony tekercsébe jut, ott az állandó mágnest erősíti vagy gyengíti, a mi azután az előtte álló vas lemezt oly rezgésbe hozza, mint a mily rezgésbe az első állomás vas lemezre jött a hang által. A beszéd vagy általában bármilyen hang is tisztán kivehető lesz. A másik ilyféle eszköz a mikrophon, mely a telephon érzékenységének fokozására szolgál.
Szerkezete azon alapszik, hogy valamely áram vezetőben keltett rezgések a conductor vezető képességében a rezgés erősségével arányos változást idéznek elő.



A mikrophon két drót vagy széndrúdból áll, melyekre vízszintes irányban egy harmadik van fektetve. A függélyesen álló drót egyike egy teleppel van kapcsolatban. Ha a vízszintesen fekvő drótra reá beszélünk, akkor ez mozgásba jön, minek folytán kisebb-nagyobb nyomást gyakorol a vezetékre, melynek részei ugyan olyan sorrendben változnak mint a drót mozgásai.
Mióta a telephonnál mikrophont használnak, megszűnt az egyformaság a beszélő és hallgató szerkezet között, a mennyiben mikrophonba beszélünk a telephonnal hallgatunk.

Fénytan (: Optika :)

A fénytan jelenségeinek csoportja a látás keretébe tartozik. A fénytan, mint a tudományág azon physikai okokkal foglalkozik, melyek a látást eszközlik. A látáshoz világosságra van szükségünk; a testeket csak így láthat, ha világosságot árasztanának szemünkbe. A látott testek kétfélék lehetnek: vannak olyanok, melyek saját fényük által lesznek láthatókká, ezeket világító testeknek vagy fényforrásoknak nevezzük; megvilágított testek pedig azok, melyek önmagukban véve sötétek és csak úgy lesznek láthatókká, ha valamely fényforrás által megvan világítva. A megvilágított testek szintén kétfélék lehetnek: átlátszók és átlátszatlanok; az előbbiek átereszik a világosság legnagyobb részét; ezeken keresztül nézve látható lesz a fényforrás; az átlátszatlanok nem eresztik át a világosságot azaz nem látunk keresztül rajtok.

A látásnál fellépő jelenségeket két szempontból veszzük tárgyalás alá, feladatunk egyik része a látás geometriai viszonyaira vonatkozik; vagy ha azt az okot, mely a látást létesíti, fénynek nevezzük, akkor a fény eloszlása a térben, lesz az első megoldandó kérdés; az optikának másik része azt fejtegeti, hogy a fény minő körülmények között létesül és minő hatásokat gyakorol a szervezetre.

A geometriai optika.

Röviden jeleztük, hogy a fénytannak ezen része a fény térbeli eloszlásával foglalkozik a nélkül, hogy annak minőségére és mibenlétéről tekintettel volna.

Ha egy kisméretű világító testet oly sötét tárgy mögé helyezzük, melyen igen kis nyílás van metszve, akkor egy fény kúpot kapunk, melynek csúcsa a fénylő test, alapja pedig azon nyílás kerülete, melyen a fény áthalad. Ha a fényforrást és a sötét test nyílását gondolatban addig kisebbítjük, hogy végre mindkettő egy pontlá törpül, azon esetben oly fénylő kúpot kapunk, melynek keresztmetszete eltűnő csekély és ekkor a térnek megvilágított része egy lineális vonal lesz, mely fénysugárnak neveztetik. A valóságban nem izolálhatjuk a fénysugarakat, mert ha kis fényforrást és nyílást alkalmazunk, eltérés mutatkozik annyiban, hogy a fény a sötét tér háta mögött görbe vonal irányában fog elterni. E szerint a geometriai optikában mindig csak bizonyos közelítéssel szólhatunk a fény elterjedéséről és fénysu gár fogalmáról.

A vezér elv, melyből a geometriai optikában kiindulunk: a fény egyenes irányu terjedése, minthogy a fénysugarak tapasztalás szerint egyenes irányban iramlnak ki a fény forrásból.

A fénysugarak, melyek valamely világító testből elterjednek, a vonalaknak egy bonyolított halmazát fogják adni, de e sugár halmazban mégis van egy szabályszerűség és ez az, hogy a fénysugarak egy olly csoportba foglalhatók össze, melyeknek csúcs pontjaik a fénylő test egyes pontjaiban feküsznek.

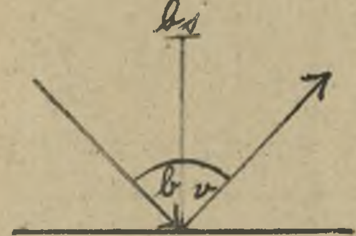
F.

Ha a fénysugár tovaterjedése közben valamely test felületéhez érkezik, akkor - mint a kaug. mutatja - részben vissza verődik, részben pedig behatol az új közegbe, miáltal eredeti irányától eltérítetik vagyis megtörik, a visszaverődés után keletkezett sugár csoportokra már nem áll feltétlenül az a jellemzés, a mit az imént az eredeti sugarakra vonatkozólag mondottunk, csakis egyes esetek vannak, midőn a fény forrásból kiindult nyalábok visszaverődés és törés után ismét kúpokká lesznek. Mi tehát első sorban azon eseteket fogjuk keresni, midőn a visszavert és tört sugarak fény kúppá egyesülnek, más szóval keresni fogjuk a tárgyak képeit.

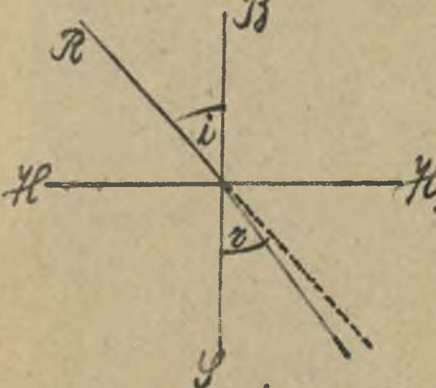
Ha egy kis nyiláson fénysugarat bocsátunk be, akkor az ernyőre felfogott sugár fehér kör alakú képet ad, bármilyen legyen is a nyilás alakja. Ezen meglepő jelenség már a görögök előtt is ismeretes volt, melynek azonban okát adni nem voltak képesek és csak a legujabb időben lett megfejtve. Az a fény, mely valamely sötét test nyilásán keresztül egy ernyőn fölfog fogva, a napból jön, ennek méretei távolságához képest el nem hanyagolhatók; látszöge melyalatt feltűnik $\frac{1}{2}$ fok. Az a kis kör alakú kép, mely az ernyőn mutatkozik, a napnak képe, és ez rendes körülmények között mindig kör alakú.

A fénytörés és vissza verődés törvénye.

Míg a fénysugarak ugyanazon közegben haladnak tova, addig irányok változatlanul egyenes lesz; ha azonban valamely másanyagú közeg felületéhez érkeznek, akkor a sugarak részben vissza verődnek, részben meg-töretnek. Ha sima felületre esik a sugár, vissza verődik, de megint egyenes vonalban halad tova. A tapasztalás azt bizonyítja, hogy a beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel és a két szög ugyanazon síkba esik. Azon sík, melyben ezek feküsznek, merőlegesen áll a visszaverő felületre /: Azta síkot, mely normálisan áll a két különböző közeg határ felületén, beesési szögnek nevezzük:/. Beesési szöglet alatt azon szöget értjük, melyet a beeső sugár a normálissal képez, a visszaverődési szög a vissza vert sugár és normális által képeztetik.

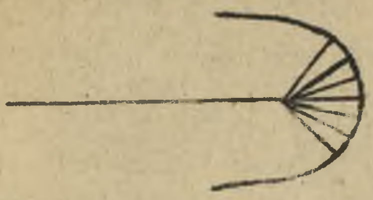


Hogy ha a fénysugár valamely közegből egy átlátszó test felületére vetődik, akkor behatol az uj közegbe, minek folytán iránya megváltozik és ezen tüneményt fény törésnek neveztetik. Kísérletek alapján következő törvények lettek a fénytörésre vonatkozólag megállapítva. 1/ a beeső és megtört sugár ugyanazon síkban fekszik. 2/ Azolyan anyagoknál, melyek egész tömegükben egyforma sajátságúak, izotropok mint például a szabályos jegecek, a beesés szögletének és a vissza verődési szög sinusa között állandó viszony van, mely törés mutatónak neveztetik.

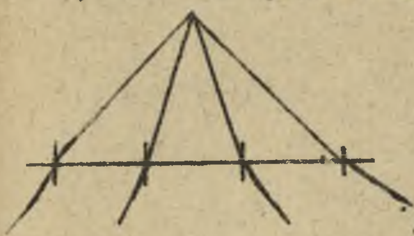


Legyen H H, azon határfelület, hová az R sugár beesik, B S pedig a normális sík, akkor a beesési szöglet (i) és a törési szög (r) sinusának a viszonya állandó, vagyis $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ Ezen viszony mint említettük törés mutatónak neveztetik.

Az esetek száma, midőn a beeső sugarak vissza verődés vagy törés után ismét fény kúpokká egyesülnek, igen kevés; egyik ilyen eset, midőn a fény visszaverő sík felületre esik, ekkor ugyanis a visszavert nyalábok szigorúan sugárkúpot fognak adni. Ha törés, vissza verődés görbe felületeken történik, akkor is létre jöhet bizonyos körülmények között sugár kúp. nevezetesen a parábola tengelyével párhuzamosan beeső sugarak egy közös pont felé haladnak, de a fény pontnak a tengelyben és végtelen távolságban kell feküdnie, mert csak azon esetben kapunk szigorúan sugár kúpot.



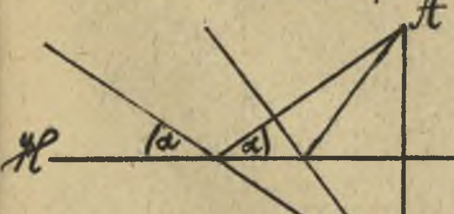
Törés által egyetlen alaknál sem keletkezik akármilyen fekvésű fény pontnak megfelelő sugár kúp. A legegyszerűbb esetet egy síkot véve, azt fogjuk találni, és a rajz is mutatja, hogy a tört sugarak sugár kúpot nemadnak. –



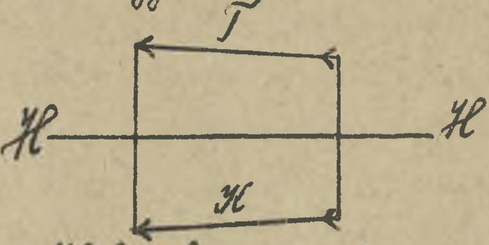
A mondottakból is belátjuk, hogy szigorúan fény kúpok, vagyis a fény pontoknak megfelelő képpontok csak ritka esetben jönnek létre, mi azonban nem csak ezen ritkább eseteket fogjuk tárgyalás alá venni, hanem kiterjesztjük figyelmünket azon esetekre is, midőn a fénysugarak egymást kicsiny térben átmetszik, mely esetek igen gyakoriak. Ha gömb felületen történik a sugarak kereszteződése és pedig oly gömb részleten, melynek szög nyilása igen kicsiny, akkor képet fogunk kapni, ugyancsak képet kapunk azon esetben is, ha a törés jelenséget vesszük tekintetbe valamely sík felületnek egy részén oly beeső fény kúpra vonatkozólag, melynek szög nyilása igen kicsiny.

Visszaverődés a síkfelületekről és a tükrözés.

A durva érdes felületű testek rendetlenül a tér minden irányába verik vissza a fény sugarakat, mint mondani szoktuk, szétszórják őket; ha ellenben a felület sima, csiszolt, akkor szabályosan veri vissza a világító tárgytól redőfövelt sugarakat és ha ezek szemünkbe jutnak, a világító tárgy képét látjuk. Az ilyen felületekről azt mondjuk, hogy a tárgyakat visszatükrözik. A sík felületről történő visszaverődésnél, ha egy fénylő (A) pontot gondolunk, oly módon fogjuk a fény térbeli eloszlását tárgyalni, hogy sugarakat képzelünk, melyek az A pontból mint fényforrásból kiindulnak és keressük azt, hogy ezen sugarak minő változást szenvednek a tükröző felületen.



A tükör sima lapjáról visszavert sugarakról azt állíthatjuk, hogy azok egy oly kúpot képeznek, a melynek csúcspontja a tükör háta mögött fekszik olyan távolságban, mint a fénylő pont a tükör előtt. Az ábrán látható K pont tehát a vissza vert sugaraknak metszési pontja, a fénylő pontból a tükörre húzott merőlegesben fekszik és mint említettük oly távolságban van a tükör háta mögött, mint a fénylő pont a tükör előtt. Ezen esetben tehát a fénypontnak képpontját kaptuk. A kép mely sík tükörben mutatkozik képzetes, mert a visszavert sugarak nem adnak teljes csak is csonka kúpot ezért mintegy képzeletben egészítjük ki teljes kúppá. A látásra gyakorolt hatását illetőleg ezen csonka kúp által adott kép ugyanolyan, mint a teljes kúpé, de nem lesz vetítve a kép. Ha nem egy pont, hanem egy tárgy van a sík tükör előtt, akkor ennek képét is úgy határozzuk meg mint egy pont-ét. Legyen <u>T</u> nyíl a tárgy H H a tükör, akkor a tükör mögött a



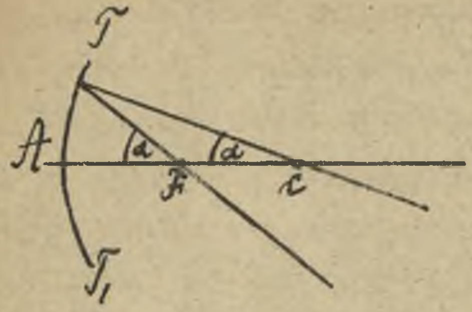
<u>K</u> kép fog megjelenni, mely annyiban tér a tárgytól, hogy a mi ennél jobb, az ám annál a baloldalon s fordítva.

A csonka kúpok tehát, mint az eddigiekből láttuk, ugyan olyan benyomásokat gyakorolnak, mint a valódi kúpok ugyannyira, hogy nem csak a képet de magát a tükröző felületet is láthatjuk és akkor tudjuk hogy tükör képpel van dolgunk; ha a tükröt alkalmas módon állítjuk fel, ~~hogy~~ azon esetben oly hatással vannak e tükör képek a szemlélőre, mintha valódi tárgyak volnának. Ezen alapszik a bűvészet, a különféle szellemidézés stb.

Ha két tükör egymással párhuzamosan van állítva, akkor ezek nemcsak a közéjük helyezett tárgyat, de annak a képét is kölcsönösen vissza fogják tükrözni, úgy hogy mindegyik tükörben egész sor mindinkább gyengülő képet látunk egymás mögött.

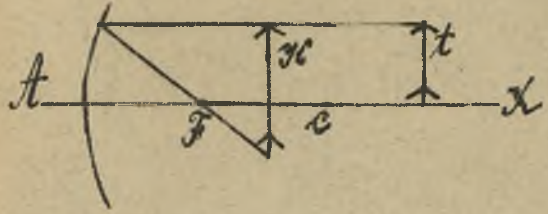
<u>Gömbtükrök.</u>

A gömbtükör egy gömbhéjnak a szelvénye. Ha belső homorú felülete van tükörré csiszolva, akkor a tükör vájt, ha a külső része csiszolt domború.
Tekintsük első sorban a vájt tükröket. Legyen T T, gömb szelvény egy vájt tükör, <u>C</u> a görbület középpontja, a <u>C-n</u> és a tükör középpontján <u>A</u>-n áthúzott egyenes vonal pedig a tükör tengelye. Ha egy ilyen vájt tükörnél a képek fekvését meg akarjuk határozni, akkor a



tükör tengelyével párhuzamosan haladó sugár nyalábokat vesszük vizsgálat alá, mert ezek valódi képeket adnak visszaverődés után. Azon pont, a hol az ilyen a tükör tengelyével párhuzamosan haladó fénysugarak visszaverődés után egymást metszik, a tükör gyujpontjának neveztetik. A gyujpont fekvését úgy határozzuk meg, hogy a görbületi sugarat felezzük, a felezési pont közelítéssel a gyujpotnak felel meg. A C görbületi középponton áthaladó fénysugár merőlegesen érinti a tükör felületét és ezért visszaverődés után a visszavert sugár a beesési sugárral össze fog esni. Mindenolyan sugár tehát, mely függélyesen esik a tükörre és a középponton halad át, ugyanazon irányban verődik vissza. Egy más sugárra vonatkozólag, ha a visszaverődés irányát meg akarjuk határozni, mindenek előtt a beesési függélyt kell meghuznunk, vagyis azon egyenest, mely a beesési pontot a C középponttal össze köti; ezután a visszavert sugarat úgy kapjuk meg, hogy a beesési pontból a beesési szöggel egyenlő szög alatt egy egyenest huzunk, mely a fokuson fog áthaladni. Az a szöglet, a mint a rajzból is kivehető kétszerese az a, -nek, és így a görbületi sugár is kétszer akkora mint az A F távolság.
A fokust kisérleti uton is meghatározhatjuk és pedig úgy, hogy egy concav tükröt tengelyével a nap felé forditunk, midőn is a fény sugarak egy közös pontban a gyujpontban fognak találkozni, mely pont elnevezését onnan nyerte, hogy ott a gyulékony testek meggyuladnak. A mondottakat egybevetve, kitünik, hogy a homoru tükörnél a képek helyzetének meghatározására elégséges a görbületi középpontnak és a gyujpontnak az ismerete.

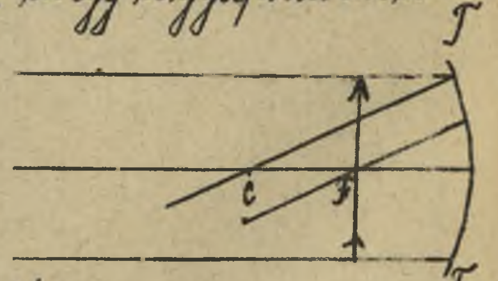
Kérdés, hol lesz azon tárgynak a képe, mely a görbületi középpont előtt a tengelyben fekszik? Legyen TT, egy vájt tükör Ax annak tengelye, C a görbületi középpont, F pedig a gyujpont. Ha t-nyil a tárgy, akkor legalább két sugarat kell meghuznunk, hogy a kép fekvését ismerjük. Ezen sugarak közül az egyik a görbületi középponton halad át és így visszaverődés után ugyanazon a tengelyben fog marad-



ni. A másik fénysugár, mely a tengellyel párhuzamosan halad, visszaverődés után a gyújponton megy keresztül. Két visszavert sugárnak átmetszési pontja adva lévén ismerjük a tárgynak a képét. A mellékelt ábrán látható, hogy olyan esetben, midőn a tárgy a görbületi középpont előtt áll, megjelenik annak képe a fokus és középpont között fordított alakban és nagyobbítva; a kép valódi, mert a sugarak visszaverődés után teljes kúpot képeznek. Általában minden olyan esetben, a hol a fénylő tárgy nagyobb távolságra van a tükörtől mint a fokus, valódi képet kapunk a homorú tükörnél; ha ellenben a fénylő test a tükör és a fokus között fekszik, azon esetben képzetes képet kapunk, mert a visszavert sugarak csak képzeletben a tükör háta mögött egyesülnek teljes kúppá.

Ha a tárgy a görbületi középpontban áll, a kép ugyanott lesz fordított alakban, de ugyan olyan nagyságban. Ha a tárgy a mértani középpont és gyújpont között van, megjelenik annak képe a középpont előtt fordított kisebbített alakban a kép valódi.

Hol lesz a kép, ha a tárgy a fokusban fekszik? Ennek meghatározása végett tekintsünk egy TT_1 tükröt, melynél a t tárgy a gyújpontban áll. Meghúzván a szükséges sugarakat azt látjuk, hogy ezek vissza verődés után párhuzamosan haladnak egymással.



Ha tehát a tárgy a gyújpontban van, azon esetben nem kapunk képet, mert a sugarak legföllebb csak a végtelenben metszhetik egymást.

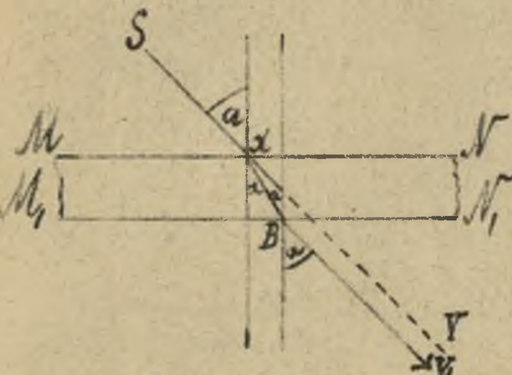
Vizsgáljunk még egy esetet a concav tükörnél, midőn a tárgy a fokus és tükör között áll. A kép alakulásához szükséges sugarakat meghúzván azt találjuk, hogy a visszavert sugarak csak képzeletben a tükör háta mögött egyesülnek teljes kúppá midőn is a képet ke-

zett kép képzetes, alakjára nézve nagyobb mint a tárgy és egyenes állású.

A domború tükrök.

Ezeknél a gömbszeletek domború oldala a tükröző felület, tehát a görbületi középpont és gyújtópont a tükör mögé esnek. A kép, melyet az ilyféle gömbtükröknél kapunk mindig képzetes, minthogy itt nem maguk a visszavert sugarak, hanem csak meghosszabbított irányaik egyesülnek.–

A fény törése párhuzamos oldalú testek és hasábok által.



Mielőtt a fénytörésével behatóan foglalkoznánk előre kell bocsátanunk a törésnek harmadik párhuzamos törvényét, mely így hangzik: ha a ritkább közegből sűrűbb testbe hatol, a fénysugár, a beesési függélyhez, ha pedig sűrűbb közegből halad ritkábba, akkor a beesési függélytől eltöretik.

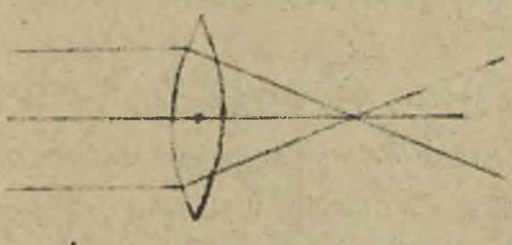
A fény egyenközű síkok által határolt közegen keresztül menven ismét az eredeti közegbe tör és a kilépő sugár párhuzamos a belépővel. Legyen MN egy átlátszó test, például egy üveg tábla, melynek határlapjai MN. M_1N_1 egy közösek St egy beeső fénysugár, akkor MN síkra nézve $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ és mivel β szög M_1N_1 síkra nézve egyszersmint a beesési szög, ezért $\frac{\sin \beta}{\sin x} = \frac{1}{n}$. E két egyenletből következik, hogy $x\angle = \alpha\angle$-el, azaz a kilépő sugár BV, párhuzamos SA-val. Ez áll valamennyi bármely fényforrásból jövő sugárra nézve; innen van, hogy a tárgyakat ilyen üvegtáblán keresztül egyformán és ép azért észrevehetetlenül kimozdítva látjuk. Midőn végtelen távolságból jövő fénysugarakat nézünk, azon esetben nem jön észrevehető eltolódás létre a látvonal mentében; lesz ugyan merőleges irányban eltolódás, mely oly nagy mint a lemez vastagsága, de a látszöglet, mely alatt ezen sugarak szemünkbe jönnek, elenyésző kicsiny a nap tömegéhez és távolságához képest és ennél fogva az eltolódás föl nem ismerhető. Ha azonban véges távolságból jövő fénysugarakat nézünk ilyen lemezen keresztül, akkor a kilépő sugarak eltolatnak a látvonal mentében lévő függélyes vonal irányaiban.–

Másként áll a dolog, ha az átlátszó közeg határlapjai nem párhuzanrossak, mint például a hasáboknál. Fénytani értelemben hasáboknak

/: prisma :/ minden olyan átlátszó közeget nevezünk, mely két oldalról egymáshoz hajlott síklapok által van határolva. A két lap által képezett szög törő szögnek neveztetik. Egy ilyen hasábon keresztül menő fénysugár kilépéskor már nem párhuzamos eredeti irányával, hanem ettől eltérést szenved, tapasztalás szerint bizonyos prismánál nézve akkor legkisebb az eltérés, ha a beeső és a kilépő sugár a beesési függélyyel mindkét határlapon egyenlő szögeket képeznek, akkor t.i. $\alpha = \beta$; $x = y$. A kísérletek azt mutatják, hogy a sugarak azon irányba lesznek eltérítve, a mely irányban a prisma vastagodik, vagyis a törő szöggel ellenkező irányba.

Az optikai lencsék.

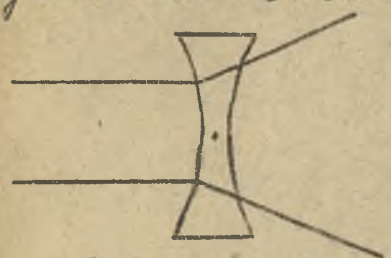
Lencséknek nevezzük az olyan átlátszó - többnyire üvegből készült - testeket, melyeknek egyik vagy mindkét határlapja gömbfelvény. A lencsék vagy domborúak vagy homorúak, amazok három félék: kettős domborúak, sík domborúak és homorú domborúak, az utóbbiak szintén három félék: kettős homorúak, sík homorúak és domború homorúak. A kettős domború lencsét úgy képzelhetjük mint alapjukkal egymáshoz illesztett két prismát és ezért a kettős domború lencsénél a belső sugarak oly irányban fognak megváltozni, mint a hasábnál, t.i. a lencse vastagabb része felé történik a fénynyalábok eltérése.



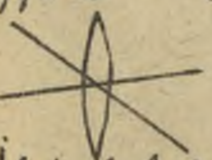
A domború lencséknél az alak mellékes, fő dolog, hogy a középükön vastagabbak legyenek mint két végükön. A domború lencséknek általános tulajdonságuk, hogy a fénysugarakat összegyűjtik és ezért gyűjtő lencséknek is nevezik őket.

A homorú lencséknél szintén nem az alak az ami fontos hanem, hogy végeik felé fokozatosan vastagodjanak, ezek szétszórják a fénysugarakat és ezért szóró lencséknek neveztetnek.

A mi a képek keletkezését, nagyságát illeti, az az előbbiek alapján könnynyen megoldható; miként a tükröknél úgy a lencséknél is elég két sugarat tekintetbe vennünk, hogy a képek helyzetét kijelölhessük. Miként

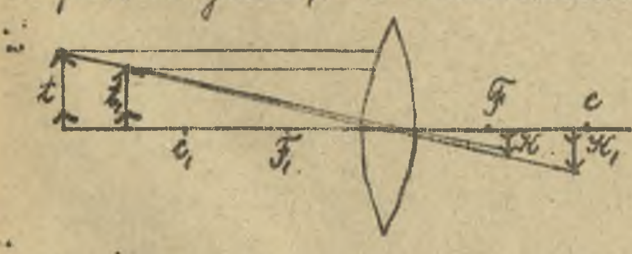


a gömbtükröknél úgy itt is szólhatunk fő és mellék sugarakról, a fősugaraknak nevezvén azokat, melyek a lencsét merőlegesen találják és töretlenül mennek keresztül. Szólhatunk továbbá a lencsék tengelyéről is, mely alatt a lencse fénytani középpontján át húzott merőleges egyenest értjük. Minden lencsének, ha kettős görbülettel bír, két mértani középpontja és ezeknek megfelelőleg két fokusa van. Azon fénysugarak, melyek a lencsére nem merőlegesen esnek, a lencsén áthaladva törést szenvednek és ez után a fokuson mennek át; a fősugarak ellenben megtörés nélkül hatolnak át a lencsén, szenvednek ugyanezen sugár nyalábok is eltolódást, ha azonban a lencse görbülete nem nagy, akkor az eltolódás oly kicsiny lesz, hogy bátran mondhatjuk, mikerint minden lencsének van egy pontja, melyen a fénysugár irányváltozás nélkül halad át és ez az optikai középpont. Szigorúbb vizsgálatnál megállapíthatunk minden lencsére nézve két olyan pontot, melyeknél az egyikbe beeső



sugárnak egy másik pontból kilépő sugár felel meg, ezen pontok csomópontoknak neveztetnek.

A képek helyzetét, mint említettük, oly módon határozzuk meg mint a gömb tükröknél. A gyűjtő



lencséknél, ha a tárgy a végtelenben van, akkor sugarai a tengellyel csaknem párhuzamosan érik lencsét. Képe tehát a lencse mögött a gyújpontban jelenik meg. Minél inkább közelebb jön a tárgy a gyújponthoz, annál inkább távolódik képe a lencse második oldalán a fokustól is nagyobbodik, a tárgyhoz viszonyítva fordított állású. Általában véve, ha a tárgy a gyújponton kívül esik, a kép valódi és a lencse másik oldalán tűnik fel megfordítva, kisebb a tárgynál, ha közelebb van a lencséhez mint a tárgy, különben nagyobb; ha pedig a tárgy a gyújpontou belül esik, a kép képzetes és ugyanazon oldalon mutatkozik, a hol a tárgy van, egyenes állásban és nagyobbítva. A homorú lencse minden tekintetben a domború tükörre emlékeztet, a kép mindig képzetes, egyenes állású és a tárgyal egy oldalra esik.

A szem, mint optikai készülék.

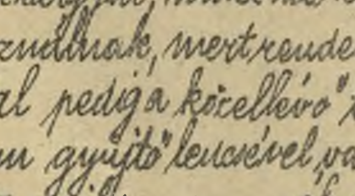
A szem bonctani szerkezete az anatomiában kellőképen ismertetve van és azért mi e helyen e szervel physikai szempontból fogunk csak foglalkozni. A szem, ha nyugalomban van, akkor tisztán szerkezete folytán csak arra képes, hogy bizonyos távolságban levő tárgyakat érzékelje. A látó szerv osztályozásánál ezen nyugalmi állapot vétetik alapul. Általában véve három féle szemet szoktunk megkülönböztetni: emetrop ametrop és hypermetrop szemet. Emetrop azon szem, mely minden megerőltetés nélkül látja a végtelen levő tárgyakat például a csillagokat. Az ilyen látó szerv normális. Ha a szem nem képes a végtelenben fekvő tárgyak képét a retinán felfogni, azon esetben ametropnak mondjuk, végre hypermetrop azolyan szem, mely csak oly sugárnyalábok képét fogja föl a recze-hártyán, mely sugarak a szem mögött egyesülnek egy gyújtópontba. Ez utóbbi - mely ezt különben igen ritka - akkor áll elő, ha a kristály lencse eltávolíttatott a szemből. Ezen három féle szem, ha egyébb képességgel nem bírnának, igen tökéletlenek volnának; az emetrop szem csak 2, 4-5 méternyire látna, míg a hypermetrop szemű emberek semmit sem látnának a földi tárgyakból.

Hogy a látó szerv nem ily tökéletlen, azt segéd szerveinek köszönheti, a mennyiben izomerő által a szem lencsét hátsó felületén nagyobb görbületűvé tehetjük és ekkor oly tárgyak képét is láthatjuk, melyek kisebb távolságból küldik sugaraikat a retinára. Azon képesség, melynél fogva az emetrop szem a végtelenben lévő tárgyak is fölismeri izom megerőltetés nélkül, alkalmazkodási képességnek (accomodatio) neveztetik. Az accomodáló szem képes igen nagy és igen kicsiny távolságban fekvő tárgyakat látni. — A szem megítélésénél első sorban az optikai szerkezet, másodsorban pedig az accomodatio képessége jön tekintetbe. Oly szem, mely emetrop és accomodálni képes normális szemnek mondatik. Azon szem, mely optikai szer-

keretinél fogva végtelen tárgyakat nem lát, de alkalmazkodási képességgel bír, rövidlátó szemnek neveztetik. Olyemetrop szem, mely accomodatió képességgel nem bír, de a végtelenből jövő tárgyakat látja, ez messzelátó szem. A rövidlátó szemben tehát a hiba az optikai szerkezetben rejlik, amennyiben a convergens működése nélkül csak véges tárgyakat láthat; a messzelátó szem ellenben olyan mint a normális szem, hibája az izom működésben van. A szem jellemzése még oly módon is történhetik, hogy megszabjuk azon legvégső pontot /punctum remotum/ melynek képét a szem megképes a retinán felfogni és a legközelebbi pontot /punctum proximum/, melyet rendes körülmények között jól látunk.
Ezen két határ között van a szem látási távola.—

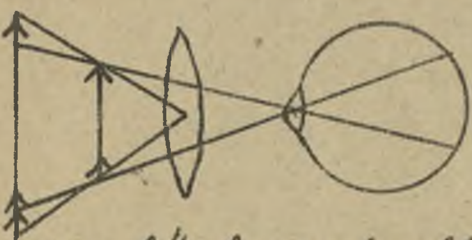
Ametrop szemnél néhány méternyire van a p. remotum, a punctum proximum közelebb áll mint az emetrop szemnél. Az emetrop szemnél a p. proximum körülbelül 25 4 m.-nyi távolságban fekszik, ametropnál kisebb, a hypermetrop szemnél ellenben több dm.-nyi távolságban van. Az accomodatio képesség erősítésére és általában változtatására szigorúan véve eszközünk nincs, de lencsék alkalmazása mellett olyanná alakíthatjuk a szemet, hogy accomodatio nélkül a rendes helyen adja a tárgyak képeit. Az ametrop szemnél szóró lencsét fogunk alkalmazni, mert ezen keresztül úgy látja a tárgyat, mintha kisebb volna, a messzelátók ellenben gyüjtő lencsét használnak, mert rendes körülmények között nem képesek accomodálni, ez által pedig a közel levő tárgyak képeit is fogjuk látni. Midőn a messzelátó szem gyüjtő lencsével van ellátva, nem látja a végtelenben levő dolgokat, azért az ilyen szemnél csak akkor kell szemüveget használni, ha közeli tárgyakat néz, például olvasáskor, egyébként nem szükséges.

Ha azt akarjuk, hogy valamely tárgynak a képe világosan rajzolódjék le a retinára, akkor a tárgynak és a látószögnek lehetőleg nagynak kell lenniök. A látszög nagysága szabja meg tehát ezen képnek nagyságát és szélességét, mely a recehártyán képződik. Közönséges táblára nézve is, a kép mely a retinán képződik, arányos a látószöggel.



A látszögre vonatkozólag van egy olyan határ, melyen alúl a szem már nem látja a kérdéses testet. Ha a tárgyat szemünkhöz közelebb hozzuk, növekszik a retinán lerajzolódott képe, ebből az következik, hogy a képe annál nagyobb, minél közelebb hozzuk a tárgyat a szemhez. Innen van, hogy a messzelátó 5 méternyi távolságból felismer kisebb tárgyakat, olvasni azonban nem képes, mert a látszög annyira kicsiny, hogy a betűket bár azok elég élesek, nem tudja még különböztetni. A rövidlátó igen közel hozza szemeihez a tárgyat és ha leveti a szemüveget még nagyobb képet képes a retinán létesíteni.

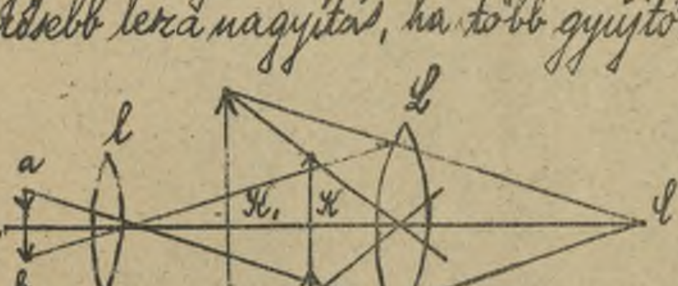
Az itt tárgyaltakon alapszik a legtöbb optikai készülék, melyeknek alkalmas berendezése által a tárgyak képeit nagyobb látszög alatt állítjuk elő a retinán. A legegyszerűbb optikai szerkezet egy homorú, vagy domború lencse, az utóbbi a szemet rövidlátóvá, amaz pedig messzelátóvá teszi. Ha a szem elé lencsét helyezünk, akkor ez nem magát a tárgyat



fogjuk látni, hanem a szembe azon sugarak esnek, melyek a lencse által adott képből indulnak ki.

Ha a tárgyat a fokuson belül tartjuk, a lencsén keresztül egyenes helyzetben távolabb és nagyítva látjuk meg. Ezzel tehát czélt értünk, mert a tárgy közel lévén szemünkhöz, látszöge lehetőleg nagy, s mind a mellett hogy ily közel van, mégis tisztán látjuk. A kis gyujtávolsággal biró lencséket <u>egyszerű nagyítóknak</u> nevezzük, ezeknél annál erősebb illetve nagyobb a nagyítás, minél kisebb a gyujtávolság.

Erősebb lesz a nagyítás, ha több gyüjtő lencsét alkalmazunk. Az igen kis



gyujtávolsággal biró l lencse, mely az <u>ab</u> tárgy felé van fordítva: az úgynevezett <u>tárgylencse /: objectiv :/</u>; a tárgy valamivel a fokuson kívül esik, úgy hogy a lencse mögött <u>K</u> valódi képe származik. E képet, melynek látszöge már is nagyobb mint az <u>ab</u> tárgyé, egy másik <u>L</u> lencsén az úgynevezett <u>oculáron</u> át nézzük. A két lencse ugyanis oly távolban van egymástól, hogy a K kép a szemlencse fokusán belül esnék: ekkor aztán az okulár mint egyszerű nagyító szolgál és a távolabb eső K_1 képet mutatja, mely az ab tárgyhoz képest meg van fordítva. Ez képezi alapját az összetett nagyítónak vagy górcsőnek. A nagyítás itt is annál nagyobb, minél kisebb a lencsék gyűjtőtávolsága. A górcsőnél (mikroskop) úgy vannak a lencsék sárgarézcsőbe foglalva, hogy tengelyeik a cső tengelyével összeesnek; a cső két vagy több egymásba tolható részből áll, a tárgyat kis asztal tartja a tárgylencse előtt és hogy világosabb legyen sík vagy homorú tükör segélyével előzetesen megvilágítják.

A szinkép (:spectrum:)

Ha egy sugár nyalábot kis kerek nyíláson át sötét szobába vezetjük be, akkor a nyílással szemközt levő falon a nap köralakú fehér képe látszik; ha azonban a fénynyalábot, mielőtt a falat találja, hasábon bocsátjuk át, azon esetben nyújtott szivárvány színben tündöklő színes kép származik, melyben a színek ugyanazon rendben következnek mint a szivárványban, a vöröstől kezdve a narancs, sárga, zöld és kéken keresztül az ibolyáig minden árnyalatban. Newton ezen színes képet a nap színképének [:spectrum:] nevezte el. A színkép hossza egyenlő körülmények között annál nagyobb, minél nagyobb a prisma törőszöge, azon kívül a hasáb anyagi minőségétől is függ.

A színkép hosszúkás alakját a színes sugarak különböző törékenységéből magyarázták; bármily anyagból legyen is a hasáb, a színek mindig az előbb említett rendben következnek; a vörös sugarak e szerint legkisebb, az ibolya színűek legnagyobb mértékben töretnek.

A spectrum egyes színei egy második törés által már föl nem bonthatók, tehát egyszerűek és egynemű, homogen fénynek neveztetnek ellentétben a fehér fénnyel, mely összetett fénynek neveztetik. A homogén fénysugarak között vannak olyanok, mely egymagukban a fehér fény hatását idézik elő, ép úgy, mintha valamennyi hasábain találja a szemet. Az ilyen színek kiegészítő vagy pót színeknek neveztetnek; ilyen a vörös és zöld; a narancs és kék, a zöld és sárga és ibolya.

A fény elhajlás.

Az interferentiát a hangzó testeknél két hang idézte elő, melyek egy időben keletkeztek és egyenlő rezgési idővel birtak. Az interferentia, mint ilyen, nem mutatkozik a fénylő testeknél, mert ha például két lámpát meggyujtunk, akkor a keletkezett fénye a kettőnek összegével lesz egyenlő; e fény források tehát se nem gyengítik se nem erősítik egymást, olyan értelemben mint két egyenlő rezgési idővel biró hang. Ha tehát valahol a térben különböző fény forrásból jövő fénysugarak találkoznak, azok nem interferálódnak.

Ha két olyrezgési középpontot veszünk tekintetbe, melyek két fényforrásban vannak jelen, akkor egy bizonyos időpillanatban gyengíthetik vagy erősíthetik egymás egymást interferentia utján és így megtörténhetik az, hogy az igen gyors rezgésben levő fénysugarak rövid idő alatt különféle fázisokon mennek keresztül, ez tehát akkor mi nem kisérhetjük figyelemmel, mert a tünemény roppant gyorsan megy végbe. Az interferentia jelensége csak azon esetben fog létesülni és észrevehetőleg nyilvánulni, ha egy fényforrásból kiinduló fénysugaraknál út különbséget létesítünk, más szóval: két fénysugár erősíteni vagy gyengíteni fogja egymást akkor, ha különböző utakon vezetjük el őket a tér ugyanazon pontjához.

Fresnel volt az, ki ezen tüneményeket behatóan tanulmányozta, bár megelőzőleg már Jung is foglalkozott az interferentiával. Jung /vagy angolosan Young/ a rezgési elméletből magyarázta meg a fény elhajlás tüneményt. A rezgési elmélet ugyanis azon hypothesisből indul ki, hogy az egész világűrt, nem különben a testek molekuláris közeit is egy rendkívül finom, súlytalan anyag az aether tölti ki, melynek anyagi minősége részint a rugalmasságban részint a sűrűségben szenvedhet változást. Ezen feltevés értelmében az aether rezgő mozgásba hozható, melyoly módon történik, mint egy hangzó testnél. A mi a rezgések faját, a tovaterjedés módját illeti, erre nézve régenten azt mondották, hogy longitudinális irányban történik, ujabban azonban az a nézet lett elfogadva, hogy a rezgések tansversális irányúak. Jung tehát a rezgési elméletre alapítva nézeteit, kimutatta azt, hogy ha a fénysugaraknál az út különbség a fél hullámok páros számával egyenlő, akkor a két sugár erősíti egymást, ha pedig az út különbség a félhullámok páratlan számával egyenlő; azon esetben gyengítik egymást.

Az interferentia tüneményeire vonatkozólag kiválóan érdekesek Fresnel kísérletei. Ha egy nyiláson keresztül egynemű sugarakat bocsátunk egy sötét szobába, akkor a nyilással szemközt fekvő falnak azon pontján, mely a nyilás közepének felel meg, egy világos kép jelenik meg, ennek mindkét oldalán pedig sötét majd ismét világos csíkok láthatók. Ha két egymáshoz közelálló nyiláson bocsátjuk át a fénysugarakat, akkor az átellenes falon ugyanazon tüneményt látjuk mint előbb egy nyilásnál, csakhogy a falra vetített kép több sötét csík által van áthatolva. Mindenik nyilásnak saját sugarai ugyanis egymással találkozván a fönt említett képet adják; de ezen kivül az egyik nyilás sugarai találkoznak a másik nyilás sugaraival és ezek önálló találkozási csíkokat adnak. Annál élénkebb válik e tünemény, minél nagyobb a nyilások száma, és ha a nyilások finom rácsozathoz hasonlítanak, azon esetben az általok vetett képen a kiszélesedett sötét mezőket élénk színű csíkok szelik át, melyek az alkalmazott fényforrás színével bírnak. Ha fehér fényt alkalmazunk, akkor a különböző színű csíkok összefüggő képet adnak, melynek színei ugyanazon rendben állanak mint a szivárvány színei.

E képet rácsszínképnek nevezzük.

Az elhajlási tüneményeket észlelhetjük finom szöveteken is, ha ezeken keresztül valamely fényforrásra nézünk, sőt akkor is mutatkozik e tünemény, ha szemünket csaknem teljesen bezárva nézünk a gyertyára; midőn is a szempillák szőrszálai képezik a rácsozatot.—